TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA EMBEBIDO PARA EL CONTROL DE ASISTENCIA ESCOLAR EN INSTITUCIONES PRIVADAS

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. ADDERLEE VILCA MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO Y DE TELECOMUNICACIONES

JULIACA – PERÚ

2025

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA

NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ

FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA EMBEBIDO PARA EL CONTROL DE ASISTENCIA ESCOLAR EN INSTITUCIONES PRIVADAS

TESIS PRESENTADA POR:

Bach. ADDERLEE VILCA MAMANI

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO Y DE TELECOMUNICACIONES

APROBADA POR EL JURADO REVISOR:

PRESIDENTE : Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO

PRIMER MIEMBRO : Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS

SEGUNDO MIEMBRO : Ing. CARLOS ALEJANDRO CACERES VARGAS

ASESOR DE TESIS : Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN : TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA – P19

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1743-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 17 de diciembre del 2025

VISTO: El expediente **N° 2025 - CU - 12713** presentado por el (la) Bachiller: **ADDERLEE VILCA MAMANI** estudiante de la Escuela Profesional de **Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN.**

CONSIDERANDO:

Que, el (la) Bach. **ADDERLEE VILCA MAMANI,** quien solicita **NOMINACIÓN DE JURADOS Y PROGRAMACIÓN DE FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN** de la Tesis Titulada: **DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA EMBEBIDO PARA EL CONTROL DE ASISTENCIA ESCOLAR EN INSTITUCIONES PRIVADAS**, la misma que pertenece a la línea de investigación **TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Electrónico y de Telecomunicaciones.**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en concordancia con el dictamen de similitud.

De conformidad al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 24, Art. 28 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- **APROBAR**, la **NOMINACIÓN DE JURADOS** integrado por los siguientes docentes:

* **Presidente** : Dr. BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO
* **1er Miembro** : Mgtr. SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
* **2do Miembro** : Ing. CARLOS ALEJANDRO CACERES VARGAS

ARTICULO SEGUNDO. – **RECONOCER** como asesor de la investigación (tesis) de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras al (a la) docente, **Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON.**

ARTICULO TERCERO. – **APROBAR,** la **FECHA Y HORA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS** de él (la) bachiller: **ADDERLEE VILCA MAMANI;** del informe final de la investigación (tesis) titulada: **DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA EMBEBIDO PARA EL CONTROL DE ASISTENCIA ESCOLAR EN INSTITUCIONES PRIVADAS** para optar el Título Profesional de **Ingeniero Electrónico y de Telecomunicaciones.** de acuerdo al siguiente detalle:

* **FECHA** : martes 23 de diciembre del 2025
* **HORA** : 09:30 horas
* **LUGAR** : Aula 204 - FICP

ARTÍCULO CUARTO.- **DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NESTOR CACERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y Cs. PURAS
Dr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y CIENCIAS PURAS
DIRECTOR
Dr. César G. Camargo Nájar
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
Interesado (a)

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

RESOLUCIÓN DECANAL N° 1515-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 12 de noviembre del 2025

VISTO: El expediente **N° 2025-CU-7652** por el señor (a): **ADDERLEE VILCA MAMANI** quien solicita **REVISIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (borrador de tesis)**, el PROVEIDO – **N° 831-2025**-UI-FICP-UANCV/J, y la **FICHA DE OPINIÓN DEL INFORME FINAL DE LA INVESTIGACION (BORRADOR DE TESIS)** formato **N° 005 - 2025** del integrante del comité de investigación **EPIET** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): **ADDERLEE VILCA MAMANI,** ha presentado su informe final de la investigación (borrador de tesis) Titulada: **DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA EMBEBIDO PARA EL CONTROL DE ASISTENCIA ESCOLAR EN INSTITUCIONES PRIVADAS**, para optar el Título Profesional de **Ingeniero Electronico y de Telecomunicaciones.**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación **Ing. Adwar Ranulfo Sanchez Carreón** de la Escuela Profesional de **Ingeniería Electronica y Telecomunicaciones** de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión del informe final de la investigación (borrador de tesis) formato N° 005 - 2025 **aprobando** el informe final de la investigación (borrador de tesis) titulado: **DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA EMBEBIDO PARA EL CONTROL DE ASISTENCIA ESCOLAR EN INSTITUCIONES PRIVADAS**, Correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA.**

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el reglamento interno de trabajos de investigación conducentes a grados y títulos mediante Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y estando a la opinión favorable del comité de investigación respecto al informe final de la investigación (borrador de tesis).

Estando, con la opinión favorable del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 27 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria Nº 30220, ley de creación de la UANCV Nº 23738 y modificatoria Nº 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- **APROBAR**, el **INFORME FINAL DE LA INVESTIGACIÓN (BORRADOR DE TESIS)**, para la **REVISIÓN DE SIMILITUD TURNITIN,** presentado por el señor (a): **ADDERLEE VILCA MAMANI,** para optar el Título Profesional de Ingeniero Electronico y de Telecomunicaciones, con el Tema Titulada: **DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA EMBEBIDO PARA EL CONTROL DE ASISTENCIA ESCOLAR EN INSTITUCIONES PRIVADAS** correspondiente a la línea de investigación **TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA,** en virtud a los considerandos expuestos.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RATIFICAR como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** al (a la), **Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREÓN.**

ARTÍCULO TERCERO.- **DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de **Ingeniería Electronica y Telecomunicaciones** quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CS. PURAS
Dr. OSCAR V. VIAMONTE CALLA
DECANO (e)
CIP. 32730

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
DIRECTOR
Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo
interesado (a)

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

RESOLUCIÓN DECANAL N° 197-2025-D-UI-FICP-UANCV

Juliaca, 02 de abril del 2025

VISTO: El expediente N° 2025-CU- 786, presentado el señor (a) ADDERLEE VILCA MAMANI solicitando APROBACIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN el PROVEIDO – N° 103-2025-UI-FICP-UANCV/J, y la FICHA DE OPINIÓN DE LA PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN formato N° 001-2025 del integrante del comité de investigación EPIET de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, según al reglamento interno de trabajos de investigación conducente a grados y títulos.

CONSIDERANDO:

Que, el señor (a): ADDERLEE VILCA MAMANI ha presentado su propuesta de investigación Titulado: DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA EMBEBIDO PARA EL CONTROL DE ASISTENCIA ESCOLAR EN INSTITUCIONES PRIVADAS, para optar el Título Profesional de Ingeniero Electronico y de Telecomunicaciones.

Que, al haberse cumplido con los requisitos exigidos por el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales; el integrante del comité de investigación Ing. Adwar Ranulfo Sanchez Carreón de la Escuela Profesional de Ingeniería Electronica y Telecomunicaciones de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras, emitió la ficha de opinión de la propuesta de investigación formato N° 001-2025- aprobando la propuesta de investigación titulado: DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA EMBEBIDO PARA EL CONTROL DE ASISTENCIA ESCOLAR EN INSTITUCIONES PRIVADAS.

Que, es requisito indispensable contar con un asesor docente ordinario y/o contratado de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras con un mínimo de cinco años de docencia, grado de doctor o magister y experiencia en la línea a investigar, o deberá estar acreditado por Resolución 0989-2022-UANCV-CU-R, quien asumirá como asesor de la propuesta de investigación, según el área o grado.

Estando, con la opinión favorable de la propuesta de investigación del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y en concordancia al Reglamento Interno de Trabajos de Investigación Conducente a Grados y Títulos aprobado con Resolución N° 0294-2023 UANCV-CU-R. y en merito al Art. 25 del reglamento, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales, y en uso a las atribuciones, que le concede la ley Universitaria N° 30220, ley de creación de la UANCV N° 23738 y modificatoria N° 24661, y el Estatuto de la UANCV, el Decano y el Director de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras.

RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- **APROBAR**, la **PROPUESTA DE INVESTIGACIÓN**, presentado por el señor (a): ADDERLEE VILCA MAMANI, para optar el Título Profesional de Ingeniero Electronico y de Telecomunicaciones, con el Tema Titulado: DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA EMBEBIDO PARA EL CONTROL DE ASISTENCIA ESCOLAR EN INSTITUCIONES PRIVADAS correspondiente a la línea de investigación TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA.

La misma que deberá proceder con la ejecución de la propuesta de Investigación aprobado de acuerdo a lo establecido en el Reglamento Interno de Trabajo de Investigación Conducente a Grados y Títulos, con fines de obtención de Grados Académicos y Títulos Profesionales.

ARTÍCULO SEGUNDO.- RECONOCER como **ASESOR DE INVESTIGACIÓN** de al (a la) docente Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON.

ARTÍCULO TERCERO.- **DISPONER** que, la Unidad de Investigación, Responsables del Comité de Investigación de la Facultad de Ingenierías y Ciencias Puras y el Director de la Escuela Profesional de Ingeniería Electronica y Telecomunicaciones quedan encargados del cumplimiento de la presente Resolución.

Regístrese, Comuníquese, Archívese.

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERIAS Y Cs. PURAS

Mgtr. WALTER J. LIZARRAGA ARMAZA
DECANO (e)
CIP. 70808

UNIVERSIDAD ANDINA "NÉSTOR CÁCERES VELÁSQUEZ"
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

cc.
Archivo 2025
Interesado (a)

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
Jr. Arequipa N° 337 - Central Telefónica: (051) 321142 - Juliaca - Puno - Perú - Pag. Web: www.uancv.edu.pe
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
turnitin Página 1 de 131 - Portada
Identificador de la entrega trn:oid:::13016:596799536
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

ADDERLEE VILCA MAMANI

DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA EMBEBIDO PARA EL CONTROL DE ASISTENCIA ESCOLAR EN INSTITUCIONES PR...

Trabajos de tesis para ingreso a repositorio

Detalles del documento

Identificador de la entrega
trn:oid:::13016:596799536

Fecha de entrega
2 jun 2026, 9:32 GMT-5

Fecha de descarga
2 jun 2026, 9:57 GMT-5

Nombre del archivo
T036_46241555_T.docx

Tamaño del archivo
16.8 MB

120 páginas

18.062 palabras

112.727 caracteres

turnitin Página 1 de 131 - Portada
Identificador de la entrega trn:oid:::13016:596799536
OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV

VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

16% Similitud general

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

Filtrado desde el informe

- Bibliografía
- Coincidencias menores (menos de 10 palabras)

Fuentes principales

13%	Fuentes de Internet
2%	Publicaciones
12%	Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alertas de integridad para revisión

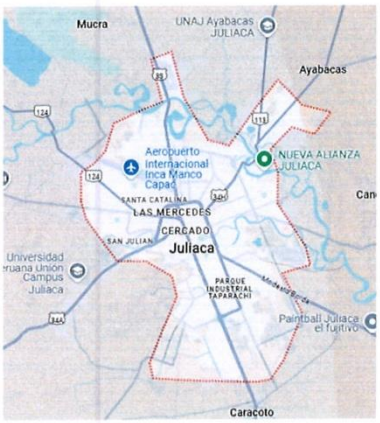
Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

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

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

METADATOS COMPLEMENTARIOS

TÍTULO DE LA TESIS	
DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA EMBEBIDO PARA EL CONTROL DE ASISTENCIA ESCOLAR EN INSTITUCIONES PRIVADAS	
Datos de autor	
Nombres y apellidos	ADDERLEE VILCA MAMANI
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	46241555
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0005-5899-4196
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	02064066
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0001-8065-6533
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	BENJAMIN CHUQUIMAMANI QUINTO
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02406088
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	SALVADOR TEODORO VALDIVIA CARDENAS
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	02383061
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	CARLOS ALEJANDRO CACERES VARGAS
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	29591476

Datos de investigación	
Línea de investigación	TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA – P19
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento
Ubicación geográfica de la investigación	**Ubicación** **País:** Perú **Región:** Puno **Provincia:** San Román **Distrito:** Juliaca **Coordenadas:** **Longitud:** -15.5017248 **Latitud:** -70.1241917 **URL maps** https://maps.app.goo.gl/7rQGwDCNrXfp34Bi7 
Año o rango de años en que se realizó la investigación	Abril 2025 – Diciembre 2025
URL de disciplinas OCDE https://concytec-pe.github.io/Peru-CRIS/vocabularios/ocde_ford.html - Librería	**Telecomunicaciones** https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.05 **Sistemas de automatización, Sistemas de control** https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.02.03

Dr. Fritz Willy Mamani Apaza
DIRECTOR
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo ADDERLEE VILCA MAMANI, identificado con DNI Nro. 46241555, en mi condición de egresado de:

☒ **Escuela Profesional**

☐ **Programa de Segunda Especialidad,**

☐ **Programa de Maestría o Doctorado**

INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

informo que he elaborado el/la ☒ **Tesis** o ☐ **Trabajo de Investigación,** ☐ **Trabajo Académico** denominada:

DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA EMBEBIDO PARA EL CONTROL DE ASISTENCIA ESCOLAR EN INSTITUCIONES PRIVADAS

Asesorado por: Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como suyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Juliaca 24 de ABRIL del 2026



Firma del Asesor (obligatoria)

Firma del Estudiante (obligatoria)

Huella

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

DEDICATORIA

Dedico este trabajo con todo mi amor y gratitud a mis padres, Mario Vilca Callata y Martina Mamani Limahuaya, quienes con su esfuerzo, consejos y ejemplo de vida me han enseñado el verdadero valor del sacrificio y la perseverancia.

Con todo mi cariño, dedico este logro a Reyna Martha Callata Quispe, mi vida, mi compañera, y mi inspiración, gracias por estar a mi lado cada día

Eres mi fuerza, mi paz y el motivo que me empujo a no rendirme, sin ti nada de esto seria posible, gracias amor.

AGRADECIMIENTO

A Dios por la vida, la salud, la sabiduría y por su bendición que guía mi camino.

Con un cariño especial, agradezco a la familia Callata Quispe; Vicentina, Luz y Hugo Javier por su valioso apoyo y comprensión, a mis hermanos Artoly, Yeni, florena, por su motivación y comprensión

¡A todos, muchas gracias!

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

ÍNDICE

DEDICATORIA i

AGRADECIMIENTO ii

ÍNDICE iii

ÍNDICE DE FIGURAS ix

RESUMEN xi

ABSTRACT xii

INTRODUCCIÓN xiii

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. Definición del problema 1

1.2. Planteamiento del problema 2

1.2.1. Problema general 2

1.2.2. Problemas específicos 3

1.3. Justificación de la investigación 3

1.3.1. Económica 3

1.3.2. Académica 3

1.3.3. Tecnológica 3

1.3.4. Social 4

1.3.5. Ambiental 4

1.4. Objetivos del estudio 4

1.4.1. Objetivo general 4

1.4.2. Objetivos específicos 5

1.5. Hipótesis 5

1.5.1. General 5

1.5.2. Especificas 5

1.6. Variables 6

1.6.1. Variable independiente 6

1.6.2. Variable dependiente 6

1.6.3. Operacionalización de variables 7

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación 9

2.2. Marco teórico 13

2.2.1. ESP32 13

2.2.2. LCD TFT128x160 1.8" 16

2.2.3. Tecnología RFID (Radio Frequency Indentification) 17

2.2.4. Módulo Lector/Grabador RFID RC522 18

2.2.5. TAGs RFID 21

2.2.6. Modulo lector de memória Micro SD Card 23

2.2.7. Batería de Li-Ion 18650 3.7V 1600mAH 24

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Nivel de la investigación 26

3.2. Tipo de investigación 26

3.3. diseño de la investigación 27

3.3.1. Análisis de requerimientos 27

3.3.2. Desarrollo e integración 27

3.3.3. Validación y pruebas 28

3.3.4. Técnica: 28

3.3.5. Perceptiva (mediante encuestas): 29

3.4. Técnicas e instrumentos 29

3.4.1. Técnicas: 29

3.5. Instrumentos 30

3.5.1. Hardware 30

3.5.2. Software 31

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTACIÓN Y VALIDACIÓN DEL SISTEMA EMBEBIDO

4.1. Arquitectura del sistema 32

4.2. Diseño del sistema 32

4.2.1. Componentes principales: 33

4.3. Esquema de conexiones 33

4.3.1. Descripción del diagrama de bloques y funcionamiento del sistema embebido 36

4.4. Implementación del prototipo 39

4.5. Desarrollo del Código 42

4.5.1. Levantamiento de Información 42

4.5.2. Diseño General del Sistema 43

4.5.3. Desarrollo del Código y Validación del Sistema 43

4.6. Estructura del Código y Librerías Utilizadas 44

4.6.1. Inicialización de Hardware 45

4.6.2. Gestión de Tarjetas RFID 45

4.6.3. Control de Horarios 45

4.6.4. Registro y Anti-duplicado 45

4.6.5. Comunicación con Telegram 45

4.6.6. Interfaz en Pantalla TFT 46

4.6.7. Gestión de WiFi 46

4.7. Validación del Prototipo en Institución Educativa 46

4.8. Funcionamiento del Dispositivo según el Código 46

4.8.1. Ciclo de vida al encender (setup) 47

4.8.2. Bucle principal (loop) 47

4.8.3. Flujo de lectura RFID y validación 48

4.8.4. Apertura, cierre y envío automático a Telegram 48

4.9. Funcionalidad del sistema embebido 49

4.9.1. Configuración de red mediante tarjeta administradora 49

4.9.2. Conexión y sincronización 50

4.9.3. Registro de Entradas y salidas 52

4.9.4. Envío de Reportes a Telegram 52

4.9.5. Archivos de Registro 53

4.9.6. Diagrama de flujo del sistema embebido 55

4.10. Descripción del funcionamiento del sistema embebido 57

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Evaluación institucional mediante encuestas 59

5.2. Resultados de las encuestas 60

5.3. Resultados técnicos en Oppenheimer 61

5.4. Retroalimentación de usuarios 62

5.4.1. Limitaciones detectadas 62

CONCLUSIONES 63

RECOMENDACIONES 64

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS 65

ANEXOS 67

Anexo 1: Matriz de consistencia 68

Anexo 2: Código del proyecto 69

Anexo 3: Solicitud de Aplicación de encuesta a la I.E.P. OPPENHEIMER 82

Anexo 4: Solicitud de Aplicación de encuesta a la I.E.P. Colegio LÍDER 84

Anexo 5: Solicitud de Aplicación de encuesta a la I.E.P. Colegio Pentágono Internacional School 85

Anexo 6: Solicitud de Instalación del prototipo en la I.E.P. Colegio Pentágono Internacional School 86

Anexo 7: Encuestas que se realizaron a los colegios 88

Anexo 8: Datasheet del ESP32 91

Anexo 9: 128x160 Color TFT LCD 92

Anexo 10: Datasheet RC522 RFID Development Kit 94

Anexo 11: Datasheet de Micro SD Card 96

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Placa de desarrollo ESP32 WROOM-32 DEVKIT V1 anverso y reverso 14

Figura 2 Distribución de pines ESP32 WROOM-32 DEVKIT V1 14

Figura 3 Pantalla TFT LCD de 2.8 pulgadas 17

Figura 4 Módulo RC522 RFID 13.56MHz 19

Figura 5 Descripción de pines del módulo RC522 RFID 13.56MHz 20

Figura 6 Targeta Tag RFID 22

Figura 7 Módulo Lector de memoria Micro SD, anverso y reverso 23

Figura 8 Módulo Cargador de batería litio USB TC4056A con Step-Up regulable 25

Figura 9 EEMB Batería de polímero de litio 3.7V 2000mAh 103454 25

Figura 10 Diagrama Circuito del Sistema de Control 33

Figura 11 Diagrama de Bloques del Sistema Embebido para Control de Asistencia 36

Figura 12 Prototipo armado sobre una protoboard 39

Figura 13 Prototipo en PCB 40

Figura 14 Proceso de impresión 3D de la carcasa del prototipo en impresora Artillery 41

Figura 15 Prototipo final del sistema de control de asistencia montado en carcasa 3D. 42

Figura 16 Modo de entrada para configurar Wifi Setup 49

Figura 17 Interfaz de configuración de red WiFiManager 50

Figura 18 Prueba de funcionamiento 51

Figura 19 Estudiantes realizando su control de asistencia 51

Figura 20 Visualización de los registros en Telegram 53

Figura 21 Registro de entradas generado automáticamente por el sistema... 54

Figura 22 Registro de salidas generado automaticamente por el sistema 54

Figura 23 Configuración Inicial del Sistema 55

Figura 24 Operación Principal y Registro de Sesión 56

Figura 25 Gestión y Envió de Datos 57

RESUMEN

Este trabajo presenta el diseño, desarrollo y validación de un sistema embebido para el control automatizado de la asistencia escolar en instituciones educativas, integrando un microcontrolador ESP32, tecnología RFID, una pantalla TFT y módulos de almacenamiento y comunicación que permiten registrar en tiempo real el ingreso y salida de los estudiantes mediante tarjetas RFID. Adicionalmente, se incorpora un bot de Telegram para el envío de notificaciones instantáneas a los padres de familia y al personal administrativo, lo que favorece una comunicación oportuna, eficiente y trazable. El proceso de desarrollo incluye el análisis de antecedentes tecnológicos, el diseño de hardware y software, así como la realización de pruebas en campo, en las cuales se obtuvo una precisión de detección RFID del 99,2%, una latencia promedio de 3,5 segundos en el envío de notificaciones y una autonomía aproximada de 9 horas y 45 minutos utilizando una batería de Li-Ion. Los resultados evidencian una buena aceptación por parte de los usuarios y una mejora significativa en el control de la asistencia y en la gestión de la comunicación institucional, promoviendo sostenibilidad, eficiencia operativa y mayor seguridad para la comunidad educativa. Asimismo, el sistema se perfila como una solución escalable y adaptable a diferentes contextos escolares, constituyéndose en una alternativa tecnológica viable para apoyar los procesos de transformación digital en las instituciones educativas privadas.

Palabras Clave: Control de asistencia escolar, sistema embebido, RFID, ESP32, notificaciones en tiempo real, IoT, comunicación educativa, automatización educativa.

ABSTRACT

This work presents the design, development, and validation of an embedded system for automated school attendance control in educational institutions, integrating an ESP32 microcontroller, RFID technology, a TFT display, and storage and communication modules that enable real-time recording of students' entry and exit using RFID cards. Additionally, a Telegram bot is incorporated for sending instant notifications to parents and administrative staff, which supports timely, efficient, and traceable communication. The development process includes the analysis of technological background, the design of hardware and software, as well as field testing, in which an RFID detection accuracy of 99.2%, an average notification latency of 3.5 seconds, and an approximate autonomy of 9 hours and 45 minutes using a Li-Ion battery were achieved. The results show good acceptance by users and a significant improvement in attendance control and institutional communication management, promoting sustainability, operational efficiency, and greater safety for the educational community. Likewise, the system is envisioned as a scalable solution adaptable to different school contexts, becoming a viable technological alternative to support digital transformation processes in private educational institutions.

Keywords: School attendance control, embedded system, RFID, ESP32, real-time notifications, IoT, educational communication, educational automation.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la gestión eficiente del control de asistencia en las instituciones educativas constituye un desafío relevante, tanto por las limitaciones inherentes a los métodos tradicionales como por la necesidad de incorporar soluciones tecnológicas innovadoras que incrementen la precisión, la seguridad y la rapidez en el registro de entradas y salidas. La creciente digitalización y los avances en tecnologías de Internet de las Cosas (IoT), como el uso de RFID, microcontroladores y plataformas de comunicación en tiempo real, abren oportunidades para transformar estos procesos y minimizar errores, fraudes y retrasos. No obstante, muchas instituciones, especialmente en países en desarrollo, continúan dependiendo de sistemas manuales y obsoletos que complejizan la gestión administrativa y dificultan una comunicación fluida y oportuna con las familias. En este escenario, la presente investigación plantea el desarrollo de un sistema embebido basado en tecnología RFID y el microcontrolador ESP32, que automatiza el registro de asistencia, genera reportes confiables y envía notificaciones en tiempo real mediante un bot de Telegram. Asimismo, se busca que la solución pueda escalarse y adaptarse a distintos contextos educativos, facilitando la toma de decisiones basada en datos. De este modo, el estudio pretende contribuir a la modernización de los procesos administrativos en el ámbito educativo, promoviendo una gestión más transparente, eficiente y segura, acorde con los desafíos actuales y las tendencias tecnológicas globales.

CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. Definición del problema

A nivel global, la educación está atravesando un proceso de transformación digital que impacta directamente en la gestión administrativa de las instituciones académicas. La incorporación de tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT), sistemas RFID y la automatización de datos han permitido mejorar la precisión, eficiencia y seguridad en el registro y control de asistencia escolar, aspectos fundamentales para la organización y bienestar estudiantil. Sin embargo, la realidad en muchos países en desarrollo, incluyendo Perú, sigue marcada por la dependencia de métodos tradicionales, como el registro manual en listas físicas, que generan retrasos, errores y limitan el acceso inmediato a la información para padres y autoridades.

En el caso particular del Perú, y de la institución educativa seleccionada para este estudio, el control de asistencia se realiza de forma manual o con sistemas poco automatizados, lo que genera problemas como errores de registro, fraudes, falta de transparencia y dificultades para generar reportes rápidos y confiables. Los padres no cuentan con mecanismos para recibir

información en tiempo real sobre la asistencia de sus hijos, lo que afecta la supervisión y seguridad estudiantil.

Para superar estas limitaciones, se ha diseñado y desarrollado un sistema embebido que combina hardware y software orientados a la automatización del control de asistencia. El hardware se basa en el microcontrolador ESP32 y tecnología RFID para identificar y registrar la entrada y salida de estudiantes mediante tarjetas identificativas. Los datos recolectados se almacenan en una tarjeta microSD y se procesan automáticamente por un programa diseñado para generar archivos CSV ordenados y accesibles para la administración escolar.

Frente a esta problemática, se propone el diseño y desarrollo de un sistema embebido basado en ESP32 y tecnología RFID que permita el registro automático de la entrada y salida de los estudiantes. Este sistema almacenará los datos en una tarjeta microSD y generará un archivo TXT, que será enviado automáticamente a los padres a través de un bot de Telegram notificándoles en tiempo real para facilitar la elaboración de reportes y análisis.

Este sistema embebido buscará mejorar la precisión y rapidez en el control de asistencia de los estudiantes, garantizar la seguridad y brindar información en tiempo real, contribuyendo así a optimizar la gestión educativa y fortalecer la comunicación entre la institución y las familias.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo diseñar un sistema embebido que permita automatizar la asistencia escolar y notificar en tiempo real a los padres de familia y a la institución educativa?

1.2.2. Problemas específicos

PE₁ ¿Cómo implementar la lectura automática de asistencia con RFID y ESP32 en instituciones privadas?

PE₂ ¿Cómo integrar notificaciones en tiempo real con ESP32 y Telegram para los padres de familia y la institución?

1.3. Justificación de la investigación

1.3.1. Económica

La implementación de un sistema automatizado de control de asistencia basado en ESP32 y RFID permitirá disminuir los costos derivados de errores y posibles fraudes en los registros manuales, reduciendo la necesidad de procesos administrativos prolongados y correcciones posteriores. La automatización optimiza la gestión del control de asistencia, disminuye el tiempo destinado por el personal a estas tareas y favorece un uso más eficiente de los recursos humanos y financieros en las instituciones educativas privadas.

1.3.2. Académica

La investigación aporta al desarrollo y aplicación del conocimiento en sistemas embebidos, IoT y automatización en el ámbito educativo. Asimismo, fortalece la formación académica al promover soluciones innovadoras que integran componentes de hardware y software para atender problemáticas reales del sector educativo, reforzando el vínculo entre la formación universitaria y el ejercicio profesional tecnológico.

1.3.3. Tecnológica

El proyecto integra tecnologías actuales como ESP32, RFID y bots de Telegram, impulsando la digitalización y modernización de los procesos en las

instituciones educativas. El desarrollo de este sistema contribuye a la innovación tecnológica en el contexto educativo, fomentando la adopción de soluciones inteligentes, escalables y reproducibles en otras instituciones con necesidades similares.

1.3.4. Social

El sistema propuesto fortalece la relación y comunicación entre la institución educativa y las familias, al brindar información en tiempo real sobre la asistencia de los estudiantes. Esto incrementa la sensación de seguridad y tranquilidad en los padres, mejora el seguimiento del alumnado y favorece una mayor participación de la familia en el proceso educativo, impactando positivamente en el bienestar y desarrollo de los estudiantes.

1.3.5. Ambiental

La sustitución de métodos tradicionales basados en formatos impresos por un sistema digital automatizado contribuye a reducir el consumo de papel y otros materiales físicos asociados al registro manual de asistencia. De este modo, se promueven prácticas más sostenibles y responsables con el medio ambiente dentro de las instituciones educativas.

1.4. Objetivos del estudio

1.4.1. Objetivo general

Diseñar, desarrollar y validar un sistema embebido para el control automatizado de asistencia escolar en instituciones educativas privadas, que registre en tiempo real mediante RFID y envíe notificaciones instantáneas mediante un bot de Telegram a padres de familia y personal administrativo.

1.4.2. Objetivos específicos

OE₁ Diseñar y desarrollar el sistema embebido integrando ESP32, RFID, pantalla TFT y almacenamiento, para registrar en tiempo real el ingreso y salida de los estudiantes.

OE₂ Validar el funcionamiento y desempeño del sistema en pruebas en campo, evaluando la precisión de lectura RFID, la latencia de notificación por Telegram, la autonomía del sistema y la aceptación de los usuarios.

1.5. Hipótesis

1.5.1. General

Si se diseña y desarrolla un sistema embebido para el control automatizado de asistencia escolar, integrando ESP32, tecnología RFID y un bot de Telegram, entonces se logrará registrar en tiempo real el ingreso y salida de los estudiantes y enviar notificaciones oportunas a los padres de familia y al personal administrativo, mejorando el control de asistencia y la comunicación institucional.

1.5.2. Especificas

HE₁ El sistema embebido basado en ESP32 y RFID permitirá registrar el ingreso y salida de los estudiantes con alta precisión de lectura RFID y con almacenamiento correcto de los registros de asistencia.

HE₂ El módulo de notificaciones mediante bot de Telegram enviará alertas en un tiempo promedio bajo y presentará buena aceptación por parte de los padres de familia y del personal administrativo durante las pruebas en campo.

1.6. Variables

1.6.1. Variable independiente

Desempeño del sistema embebido de control de asistencia (ESP32 + RFID + TFT + almacenamiento + Telegram).

1.6.2. Variable dependiente

Control automatizado de asistencia escolar y comunicación institucional.

1.6.3. Operacionalización de variables

Tabla 1

Operacionalización de la variable independiente

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Técnica/Instrumento	Escala/Unidad
Sistema embebido (ESP32 + RFID + TFT + almacena miento + Telegram)	Conjunto integrado de hardware y software que registra asistencia por RFID y comunica resultados mediante un canal digital.	Prototipo funcional capaz de leer tarjetas RFID, mostrar estado en TFT, almacenar registros y enviar notificaciones por Telegram.	Lectura RFID	Precisión/tasa de éxito de lectura RFID (%); Tasa de error de lectura (%)	Pruebas técnicas; registro de logs del sistema	Razón (%)
			Notificación (Telegram)	Latencia promedio de notificación (s); Tasa de entrega de notificaciones (%) (opcional)	Pruebas técnicas; cronometraje y logs de Telegram	Razón (s, %)
			Almacenamiento	Integridad de registros: % de registros guardados sin pérdida; Nº de registros almacenados	Revisión de registros; logs y verificación de almacenamiento	Razón (%; n)
			Interfaz/operación	Correcta visualización de estados en pantalla TFT (sí/no)	Lista de cotejo; observación directa	Nominal (sí/no)
			Autonomía energética	Autonomía del sistema (h:min)	Prueba de descarga; cronometraje	Razón (h)

Nota. El almacenamiento depende del mecanismo usado (MicroSD o BD). Precisión = (lecturas correctas/lecturas totales) ×100. Latencia: de lectura RFID a recepción en Telegram (s). Autonomía: tiempo continuo con batería cargada.

Tabla 2

Operacionalización de la variable dependiente

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Técnica/Instrumento	Escala/Unidad
Control automatizado de asistencia escolar y comunicación institucional	Proceso institucional para registrar asistencia de forma fiable y comunicar oportunamente la información a los actores educativos.	Resultados obtenidos en pruebas en campo: precisión del registro, oportunidad del aviso y aceptación/uso por parte de usuarios.	Precisión del registro	% de coincidencia entre lectura RFID y registro almacenado; Nº de inconsistencias	Verificación cruzada; logs vs lista de control	Razón (%; n)
			Oportunidad	Tiempo total de aviso (s): desde lectura RFID hasta notificación; Latencia promedio (s)	Pruebas en campo; cronometraje y logs	Razón (s)
			Aceptación / utilidad	Satisfacción promedio; utilidad percibida (Likert)	Encuesta; cuestionario a padres y personal	Ordinal (Likert 1–5)

Nota. Se reportan como promedio por grupo de usuarios. La oportunidad corresponde al tiempo total de aviso (s) y la precisión al porcentaje de coincidencia entre el evento RFID y el registro almacenado.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

El uso de tecnologías RFID y sistemas embebidos para el control automático de asistencia ha sido objeto de diversas investigaciones en los últimos años, con resultados prometedores que han contribuido a modernizar los procesos administrativos en ámbitos educativos y laborales.

Serrato Mares, Villegas Téllez y Torres Frausto desarrollaron una aplicación móvil para el control de asistencia en eventos académicos utilizando tecnología RFID. Esta aplicación tiene como objetivo reducir el tiempo invertido en el registro manual, disminuir la probabilidad de inconsistencias en la información y agilizar la migración de datos hacia los departamentos administrativos. La aplicación fue diseñada bajo la metodología Mobile-D, utilizando la plataforma Android Studio con lenguajes JAVA y XAML, e integra una base de datos local en SQLite. El lector RFID está conectado a dispositivos Android y permite la lectura de tarjetas plásticas, mostrando la información académica del participante en la pantalla. Al finalizar el registro, se genera un documento Excel con la lista de asistentes, facilitando así la gestión administrativa. Los resultados indicaron una mejora significativa en la eficiencia

y la precisión del control de asistencia, en comparación con los métodos tradicionales en papel (Alejandra et al., 2017).

Por su parte, Santiago Berna (2023) en su tesis titulada Aplicación web y dispositivo RFID para el registro de fichajes, desarrolló un sistema integral para el control de asistencia laboral que combina un dispositivo físico basado en Arduino con tecnología RFID y una aplicación web para la gestión de fichajes. Este sistema responde a la necesidad de las empresas de cumplir con la normativa vigente, que exige un control detallado de las jornadas laborales. El dispositivo captura los fichajes mediante tarjetas RFID y se conecta a una API REST para el registro y almacenamiento de los datos. La aplicación web, desarrollada en Laravel, permite a los trabajadores consultar sus fichajes e incidencias, mientras que el personal de recursos humanos gestiona el control de asistencia. Esta solución está orientada principalmente a pequeñas y medianas empresas que no disponen de sistemas automatizados, facilitando la supervisión administrativa, el cumplimiento legal y la reducción de errores humanos y carga administrativa (Santiago Berna, 2023).

De igual forma, (Cali Rivera, 2020) desarrolló un sistema de control de asistencia de estudiantes mediante dispositivos biométricos RFID en la Universidad Estatal del Sur de Manabí. El autor destaca que la evolución tecnológica ha permitido soluciones innovadoras para el control eficiente de asistencia, facilitando el registro de horas de entrada, salida, duración de la jornada, periodos de descanso y ausencias. Este sistema ofrece importantes beneficios para los empleadores o responsables, sirviendo como medio de prueba en controversias relacionadas con jornadas laborales y asistencia. Para ello, se aplicó una metodología deductivo-experimental que combinó técnicas de

campo y revisión bibliográfica, junto con encuestas, para analizar las ubicaciones de los controles, definir los componentes necesarios, diseñar una base de datos e implementar un sistema de ingreso que permita procesar las asistencias de manera efectiva.

Por otra parte, En la investigación realizada por (Larry Jovi, 2022), se desarrolló un prototipo de seguridad y control de asistencia basado en tecnología RFID para estudiantes de la Institución Educativa Privada Cima de Chiclayo. El objetivo principal fue diseñar un sistema que integrara un lector RFID y una base de datos, con una batería auxiliar de larga duración, que permitiera un control eficiente y seguro de la asistencia estudiantil. La metodología aplicada fue de tipo experimental con una muestra de 305 estudiantes, quienes serían los beneficiarios directos del sistema. Para la recolección de datos se utilizaron entrevistas, encuestas y visitas presenciales a la institución, con el fin de conocer la situación actual del control de asistencia, que presentaba deficiencias en seguridad y eficiencia. El prototipo diseñado fue probado repetidamente y demostró funcionar eficazmente, registrando la asistencia de los estudiantes al pasar por el lector RFID, lo cual evidenció una mejora significativa en el control y seguridad del proceso.

En el control de asistencia, (Martinez Verand, 2017) diseñó un sistema de control de asistencia para la Agencia Mercado de la Caja Huancayo, utilizando tarjetas de proximidad con tecnología RFID. El objetivo fue mejorar y agilizar el registro de asistencia del personal, que presentaba deficiencias por malas prácticas en el proceso manual. El diseño del sistema se basó en la metodología de descomposición funcional para analizar y definir los requerimientos y funcionalidades, tanto en hardware como en software. Se seleccionaron los

componentes adecuados tras realizar comparativas técnicas, incluyendo el tipo de tag y lector. Además, se definieron niveles de acceso para usuarios y se diseñaron módulos específicos para configuración, control de acceso, administración de usuarios, registro de visitantes y generación de reportes, incluyendo una solución web basada en servicios SOA. El diseño propuesto mostró flexibilidad, compatibilidad multiplataforma y funcionalidad, concluyendo que su implementación permitiría un control eficiente y adecuado de la asistencia del personal en la institución.

Por otro lado, (Tomiño Quispe, 2023)desarrolló un sistema basado en tecnología RFID y GSM para el control de asistencia escolar en la Institución Educativa No 55006-17 de Talavera. El sistema incluyó hardware como lector RFID RC522, módulo SIM 800L y dispositivos de alerta, permitiendo que los estudiantes registren su ingreso con tarjetas RFID y notificando inmediatamente a los padres. Los resultados indicaron una precisión del 100% en los registros, eliminación total de errores y una reducción significativa del 83.8% en el tiempo invertido en el proceso de control de asistencia.

Adicionalmente (Kevin Piazzoli & Alcantara Avalos, 2022) desarrollaron un sistema de monitoreo para el control de asistencia mediante RFID y Arduino en la Institución Educativa Tercer Cielo, en Trujillo. La investigación, de enfoque aplicado y diseño pre-experimental, incluyó una muestra de 188 estudiantes y 6 miembros del área administrativa. Se utilizaron diversas técnicas para la recolección y análisis de datos, destacando las pruebas estadísticas de normalidad y la prueba de Wilcoxon para contrastar hipótesis. Los resultados mostraron una reducción significativa en el tiempo promedio para la generación de reportes de asistencia (99.97%) y en la toma de asistencia (93.66%), así como

un aumento en la satisfacción del personal administrativo (57.13%). Se concluyó que la implementación del sistema contribuye a mejorar sustancialmente el control de asistencia en la institución.

En la misma línea (Baldeón Hermida & Salazar Cazco, 2019) desarrollaron un sistema informático para automatizar el control de asistencia de docentes y estudiantes en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) utilizando dispositivos RFID. El proyecto se enfocó en optimizar los tiempos de registro de asistencia y la generación de reportes, empleando técnicas de observación y entrevistas para recolectar requerimientos. Se aplicó la metodología ágil SCRUMBAN para organizar el desarrollo, combinando SCRUM y KAMBAN. El hardware consistió en un prototipo basado en Arduino Mega y lector RFID, mientras que el software fue desarrollado con Java, C++ y PostgreSQL para la gestión de datos. La evaluación del sistema se realizó mediante métricas de productividad basadas en la norma ISO/IEC 9126-4 y análisis estadístico T-student, confirmando que la automatización reduce el tiempo de registro y mejora la productividad institucional.

2.2. Marco teórico

2.2.1. ESP32

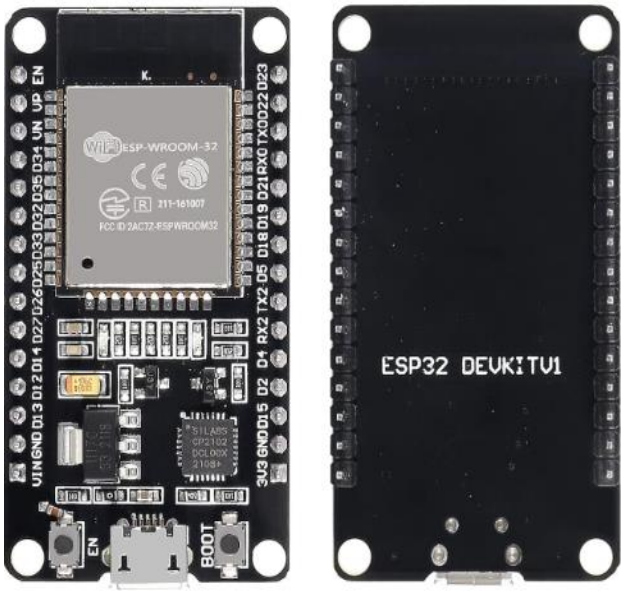
Según (Eguez, 2020), es un microcontrolador de 32 bits con doble núcleo que se ejecuta a 240 MHz, tiene 4 MB de almacenamiento flash, cuenta con WIFI y BLUETOOTH, a su vez es de montaje superficial SMD con 32 pines. Además, este chip mejora las capacidades del ESP8266 siendo el sucesor de esta.

El chip de la serie ESP32 internamente cuenta con interesantes interfaces y periféricos que permiten desarrollar una amplia gama de aplicaciones de IoT de forma sencilla, eficiente y económica, a bordo del chip podemos encontrar pines

para sensores táctiles capacitivos, sensor de efecto hall, interfaz para SD, Ethernet, SPI, UART, I2S e I2C.

Figura 1

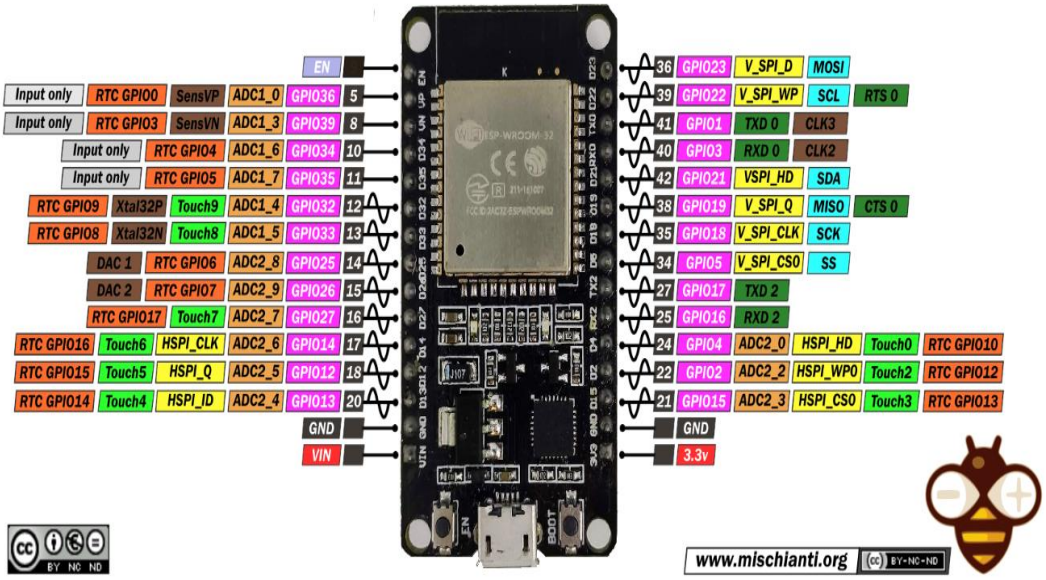
Placa de desarrollo ESP32 WROOM-32 DEVKIT V1 anverso y reverso



Nota. Obtenido de la página web https://www.nepal.ubuy.com/

Figura 2

Distribución de pines ESP32 WROOM-32 DEVKIT V1



Nota. Obtenido de la página web https://mischianti.org/.

2.2.1.1. Especificaciones técnicas del ESP32 WROOM-32 DEVKIT V1

- Voltaje de Alimentación (micro-USB): 5V DC
- Voltaje de Alimentación (Vin): 4V-12V DC (5V-9V recomendado)
- Voltaje de Entradas/Salidas: 3.3V DC
- Placa: ESP32 DEVKIT V1 (Espressif)
- SoM: ESP-WROOM-32 (Espressif)
- SoC: ESP32 (ESP32-D0WDQ6)
- CPU: Dual-Core Tensilica Xtensa LX6 (32 bits)
- Frecuencia de Reloj: hasta 240Mhz
- Desempeño: Hasta 600 DMIPS
- Procesador secundario: Permite hacer operaciones básicas en modo de ultra bajo consumo
- Wifi: 802.11 b/g/n/e/i (802.11n @ 2.4 GHz hasta 150 Mbit/s)
- Bluetooth: v4.2 BR/EDR, Bluetooth Low Energy (BLE)
- Memoria: 448 KB ROM, 520 KB SRAM, 16 KB SRAM in RTC, 4 MB QSPI Flash/SRAM
- Pines: 30
- Pines Digitales GPIO: 24 (Algunos pines solo como entrada)
- Pines PWM: 16
- Pines Analógicos ADC: 18 (3.3V, 12bit: 4095, tipo SAR, ganancia programable)
- Conversor Digital a Analógico DAC: 2 (8bit)
- UART: 2
- Chip USB-Serial: CP2102
- Conector USB: micro-USB
- Antena en PCB
- Seguridad: Estándares IEEE 802.11 incluyendo WFA, WPA/WPA2 and WAPI, 1024-bit OTP, up to 768-bit for customers, Aceleración criptográfica por hardware: AES, HASH (SHA-2), RSA, ECC, RNG

- Dimensiones: 55*28 mm
- Peso: 9 gramos

2.2.2. LCD TFT128x160 1.8"

La pantalla TFT LCD de 1,8 pulgadas modelo T77 con controlador ST7735 ofrece una resolución de 128 × 160 píxeles y es capaz de mostrar hasta 262,144 colores gracias a su profundidad de color de 18 bits. Esta pantalla se comunica mediante el protocolo SPI, cuenta con un búfer de cuadros direccionable por píxeles, lo que facilita su integración con diversos microcontroladores utilizando únicamente 4 pines de entrada/salida. Además, incorpora una ranura para tarjetas microSD que permite cargar y mostrar fácilmente imágenes en formato bitmap a color.

Entre sus características técnicas destacan:

- Pantalla LCD TFT con diagonal de 1,8 pulgadas.
- Resolución de 128 × 160 píxeles con color a 18 bits (262,144 tonos).
- Interfaz digital SPI con opción de 4 o 5 cables.
- Ranura microSD integrada que requiere 2 líneas digitales adicionales.
- Compatible con niveles lógicos de 3.3V y 5V.
- Regulador LDO incorporado de 3.3V con una corriente máxima de 150 mA.
- Retroiluminación con 2 LEDs blancos y un transistor que permite atenuación por modulación PWM.
- Conector tipo header de 1 × 10 pines para un fácil montaje.

- Cuenta con 4 orificios de montaje de 0,9 mm de diámetro en las esquinas.
- Dimensiones físicas de 34 mm x 56 mm x 6.5 mm (1.35” x 2.2” x 0.25”).
- El consumo de corriente depende principalmente del nivel de retroiluminación LED, que puede alcanzar aproximadamente 50 mA con iluminación al máximo.

Figura 3

Pantalla TFT LCD de 2.8 pulgadas



Nota: https://naylampmechatronics.com/lcd-color/162-display-lcd-tft-22-rgb-spi-320x240.html

2.2.3. Tecnología RFID (Radio Frequency Indentification)

Según (Dipole, s. f.), la tecnología de Identificación por Radio Frecuencia (RFID) permite identificar objetos de manera única a través de ondas de radio y puede detectar varios objetos simultáneamente. Su uso es más común en nuestra vida cotidiana de lo que pensamos y está en constante expansión debido a las numerosas ventajas que ofrece, las cuales detallaremos más adelante.

En el sector retail, la tecnología RFID facilita la realización de inventarios en segundos. En la industria, permite el monitoreo en tiempo real de los procesos, y en logística, asegura que los productos enviados sean los correctos

y evita errores. Para que el sistema RFID funcione, se requiere de tres componentes esenciales: una antena RFID, un lector RFID y una etiqueta RFID. La elección del hardware específico dependerá de las necesidades y el uso previsto.

Según el sitio web (*Ventajas y aplicaciones de la tecnología RFID - Montega*, 2022), las ventajas de la tecnología RFID incluyen:

- No requiere línea de visión para funcionar.
- Los tags RFID se pueden leer y regrabar múltiples veces.
- Las etiquetas RFID pueden ser desechables o reutilizables y duraderas.
- Ofrecen opciones para encriptar y proteger los datos, mejorando la seguridad.
- Pueden almacenar más información que otros tipos de etiquetas.
- Los lectores RFID tienen la capacidad de leer numerosos tags simultáneamente.
- Las etiquetas RFID pueden imprimirse con la información deseada.
- Los sistemas RFID se pueden integrar con ERP y otros sistemas internos para una gestión completa de la información.

2.2.4. Módulo Lector/Grabador RFID RC522

Según (*Lector RFID RC522 control de acceso RFID con Arduino*, 2020) el módulo RFID RC522 utiliza el chip MIFARE RC522, un circuito integrado de lectura/escritura que opera sin contacto a una frecuencia de 13,56 MHz y está diseñado para comunicarse con etiquetas estándar ISO 14443A. Puede conectarse a un microcontrolador mediante SPI, I2C o UART, con una velocidad de datos de hasta 10 Mbps.

Funciona con un voltaje de entre 2,5 y 3,3V, pero sus pines lógicos son compatibles con 5V, lo que facilita su conexión a un Arduino u otros microcontroladores de 5V sin necesidad de un convertidor de nivel lógico. Además, puede ser programado para generar una interrupción cuando detecta una etiqueta cercana, evitando la necesidad de sondear constantemente.

El módulo lector/grabador RFID RC522 es una excelente opción para proyectos con Arduino, ESP32, Raspberry Pi y otros relacionados con RFID debido a su bajo consumo de energía, coste accesible y robustez. Su popularidad entre los entusiastas de la electrónica se debe a su facilidad de integración y a su confiabilidad en diversas aplicaciones, lo que lo convierte en una herramienta ideal para quienes buscan implementar soluciones RFID de manera efectiva y económica.

Figura 4

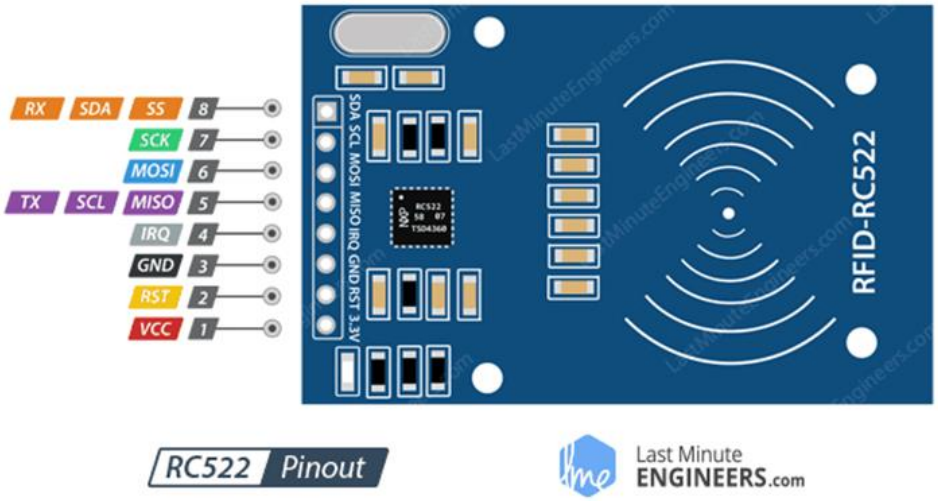
Módulo RC522 RFID 13.56MHz



Nota: Obtenido de la página web https://naylampmechatronics.com/rfid-nfc/80-modulo-lector-rfid-1356mhz-rc522.html.

Figura 5

Descripción de pines del módulo RC522 RFID 13.56MHz



Nota: Obtenido de la página web https://cursos.mcielectronics.cl/2023/01/05/que-es-rfid-como-funciona-interfaz-del-modulo-rc522-rfid-con-arduino/.

Donde:

- Pin 1, Vcc, normalmente se utiliza 3,3 V.
- Pin 2, RST, pin de reinicio: restablecer o apagar el módulo
- Pin 3, GND, conectado a tierra del sistema
- Pin 4, IRQ, pin de interrupción: se utiliza para activar el módulo cuando un dispositivo entra dentro del alcance
- Pin 5, MISO/SCL/Tx, pin MISO cuando se usa para comunicación SPI, actúa como SCL para I2c y Tx para UART.
- Pin 6, MOSI, pin maestro de salida esclavo para comunicación SPI
- Pin 7, SCK, pin de reloj serie: se utiliza para proporcionar fuente de reloj

- Pin 8, SS/SDA/Rx, actúa como entrada serie (SS) para comunicación SPI, SDA para IIC y Rx durante UART

2.2.4.1. Especificaciones técnicas modulo RC522 13.56 MHz

- Voltaje de alimentación: 3.3V
- Corriente de operación: 13-26mA
- I máxima: 30mA.
- Frecuencia de operación: 13.56Mhz
- Distancia de lectura: 0 a 60mm.
- Protocolo de comunicación: SPI.
- Velocidad de datos máxima: 10Mbit/s
- Dimensiones: 40 x 60 mm
- Temperatura de operación: -20 a 80ºC
- Humedad de operación: 5%-95%.
- Máxima velocidad de SPI: 10Mbit/s
- Incluye pines, llavero y tarjeta
- Corriente de reposo/stand by (Isb): 10-13mA a 3.3V
- Corriente en sleep-mode (Ism): <80uA

2.2.5. TAGs RFID

Según la página web (*Etiquetas RFID - Etiquetas de radiofrecuencia | Nextpoints RFID*, s. f.), el funcionamiento de los sistemas de tags RFID es simple. Los tags generan una señal de radiofrecuencia con los datos de identificación. Esta señal puede ser captada por un lector, que se encarga de leer la información y pasársela, en formato digital, a la aplicación de control de

acceso. Los tags RFID pueden ser activos, semipasivos (o semiactivos) o pasivos. Los tags pasivos no requieren ninguna fuente de alimentación interna y sólo se activan cuando un lector se encuentra cerca para suministrarles la energía necesaria. Los otros dos tipos necesitan alimentación, típicamente una pila pequeña.

Figura 6

Targeta Tag RFID



Nota: Obtenido de la página web https://naylampmechatronics.com/.

2.2.5.1. Especificaciones técnicas de los TAGs Modelo MFS50

- Frecuencia: 13.56 MHz
- Protocolo: ISO/IEC 14443 Tipo A
- Bauds: 106 kbps
- Alcance de lectura/escritura: 0~5cm (aprox.)
- EEPROM: 1K Bytes
- Identificador único de 4 Bytes
- Tiempo de lectura: 100ms
- Ciclos de escritura: 100 000
- Dimensiones: 85.5mm x 54mm x 1mm
- Color: Blanco

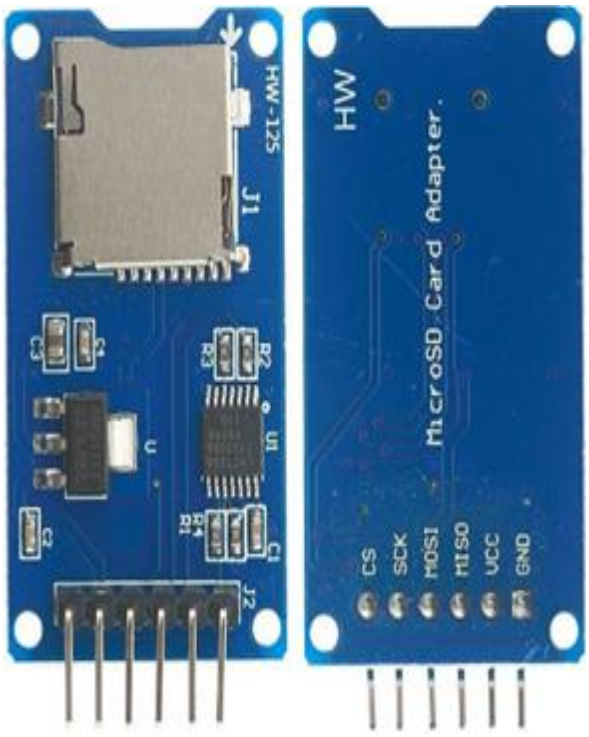
- Material: PVC

2.2.6. Modulo lector de memória Micro SD Card

El sitio web (*Micro SD Card Adapter Module*, s. f.) describe un lector de memoria Micro SD Card diseñado para acceder a la memoria micro SD en modo SPI, por lo que las señales de control se etiquetan claramente con los nombres de las señales en dicho bus de comunicaciones. Soporta tarjetas micro SD y micro SDHC. Incluye el chip MC74VHCT125A como circuito de conversión de voltaje lógico para comunicarse a 3.3V o 5V. Puede ser alimentado hasta con 5V gracias a su regulador de voltaje incluido en placa. Compatible con Arduino y en general con cualquier microcontrolador y tarjeta de desarrollo.

Figura 7

Módulo Lector de memoria Micro SD, anverso y reverso



Nota: Obtenido de https://es.aliexpress.com/item/1005007129905804.html?src=google.

Distribución de pines:

- GND, Tierra
- VCC, entrada de voltaje
- MISO, Maestro Entrada Esclavo Salida (SPI)
- MOSI, entrada maestra y esclava (SPI)
- SCK, reloj serie (SPI)
- CS, selección de chip (SPI)

2.2.6.1. Especificaciones técnicas Lector de memoria Micro SD Card

- Voltaje de Operación: 3.3V-5V
- Interfaz: SPI
- Cuenta con todos los pines SPI de la tarjeta SD: MOSI, MISO, SCK, CS
- Chip conversor lógico: MC74VHCT125A
- Dimensiones: 42*24 mm

2.2.7. Batería de Li-Ion 18650 3.7V 1600mAH

El módulo Cargador USB de batería litio con Step-Up regulable permite suministrar energía de forma ininterrumpida a tus proyectos de forma similar a un UPS o un celular que puede cargar la batería y a la vez alimentar un circuito. Utiliza una batería de 1 celda LiPo (no incluida) con un elevador de voltaje para suministrar un voltaje ininterrumpido en los terminales Vout+ e Vout-, la batería es cargada por el mismo módulo, el voltaje de alimentación al cargador puede ser de 4V a 7.5V DC conectándolo a los terminales In+ e In-.

El voltaje de salida se puede regular con el potenciómetro en la tarjeta. La entrada de voltaje al cargador puede ser por los terminales IN+- o por el conector USB, pero no ambos en simultáneo. El cargador está diseñado para baterías recargables de 3.7V de carga nominal y 4.2V de carga completa. La corriente máxima está determinada por el voltaje seleccionado de salida y la corriente

máxima que puede suministrar la batería utilizada. Si el voltaje de la batería es demasiado bajo, el cargador realizará la carga a una corriente segura de 100mA por seguridad.

Figura 8

Módulo Cargador de batería litio USB TC4056A con Step-Up regulable



Nota: https://naylampmechatronics.com/baterias/553-cargador-de-bateria-litio-usb-tc4056a-con-step-up-regulable.html

Figura 9

EEMB Batería de polímero de litio 3.7V 2000mAh 103454



Nota: https://www.amazon.com/-/es/pol%C3%ADmero-recargable-conector-dispositivo-inal%C3%A1mbrico/dp/B08214DJLJ?th=1

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo se presenta el enfoque metodológico adoptado para el diseño, desarrollo y validación del sistema embebido para el control de asistencia escolar en instituciones privadas. Se describen el nivel, tipo y diseño de la investigación, así como las técnicas, instrumentos y procedimientos para la recolección y análisis de datos.

3.1. Nivel de la investigación

La presente investigación se clasifica como aplicada, ya que busca solucionar una problemática concreta: la automatización y mejora del control de asistencia escolar mediante un sistema embebido que integra tecnologías RFID y comunicación en tiempo real. (Fernandez Collado & Baptista Lucio, S.E.).

3.2. Tipo de investigación

El estudio es de tipo tecnológico y experimental. Tecnológico porque involucra el diseño y construcción de un prototipo funcional basado en hardware y software embebido (microcontrolador ESP32, lector RFID, módulos de comunicación). Experimental porque se realizan pruebas controladas y de campo para evaluar el desempeño, precisión y funcionalidad del sistema desarrollado.

3.3. diseño de la investigación

El estudio se estructuró bajo un diseño experimental con iteraciones e incrementos, complementado con un levantamiento de información por encuestas en instituciones educativas privadas. Este enfoque permitió integrar el desarrollo tecnológico con la percepción institucional, generando evidencia tanto de funcionamiento técnico como de viabilidad de adopción.

3.3.1. Análisis de requerimientos

Se aplicaron encuestas estructuradas a tres instituciones:

- I.E.P. Colegio Pentágono Internacional School
- Institución Educativa Privada Líder
- Institución Educativa Privada Oppenheimer

Las encuestas tuvieron como objetivo conocer métodos actuales de control de asistencia, necesidades y desafíos administrativos, y la percepción sobre la utilidad de un sistema automático.

En esta etapa, tanto el Colegio Pentágono como el Colegio Líder manifestaron disposición para participar en las encuestas, pero no solicitaron la instalación del prototipo en su infraestructura. En cambio, el Colegio Oppenheimer aceptó la implementación, en parte porque el prototipo se ofreció de forma gratuita y porque era la institución con menor número de alumnos, lo que facilitaba la fase piloto y la validación en condiciones controladas.

3.3.2. Desarrollo e integración

El sistema embebido fue diseñado sobre una plataforma ESP32 con integración de hardware y software según el código funcional desarrollado. Los principales componentes fueron:

- RFID (MFRC522) para identificación mediante tarjetas de estudiantes.

- Gestión WiFi (WiFiManager) con sincronización de hora vía NTP.
- Mensajería instantánea por medio de Telegram Bot, enviando reportes automáticos a grupos por grado.
- Pantalla TFT con reloj en tiempo real, estado de conexión y nivel de batería.
- Módulo SD para almacenamiento local en formato TXT (entradas/salidas por grado).
- Algoritmos de control: lógica horaria (08:11 corte de entrada, 12:30 inicio de salida, 18:30 fin de jornada), anti-duplicado de 10 s y unicidad por día.
- Alertas sonoras y visuales para retroalimentación al usuario.

El diseño permitió que el dispositivo funcionara de manera autónoma en campo, enviando reportes al cierre de ventanas de entrada/salida, además de almacenar copias locales en la tarjeta SD.

3.3.3. Validación y pruebas

La fase de validación se desarrolló exclusivamente en el Colegio Oppenheimer, seleccionado por las siguientes razones:

- Aceptación institucional a la instalación del prototipo.
- Instalación gratuita, ofrecida como parte del proyecto de tesis.
- Población estudiantil reducida, lo que facilitó la implementación piloto y minimizó riesgos operativos.

3.3.4. Técnica:

- Tasa de lectura RFID y prevención de duplicados.
- Confiabilidad de generación y envío de reportes a través de Telegram.
- Estabilidad de conectividad WiFi y respaldo en almacenamiento local.

- Autonomía de batería y operación continua durante la jornada.

3.3.5. Perceptiva (mediante encuestas):

- Valoración de utilidad, rapidez y precisión del sistema.
- Facilidad de uso para estudiantes, administrativos y padres.
- Viabilidad percibida de adoptar el sistema de manera permanente.

Los colegios Pentágono y Líder participaron únicamente en la fase de encuestas exploratorias, mientras que el Colegio Oppenheimer fue el escenario de validación experimental real con la instalación y pruebas del sistema en campo.

3.4. Técnicas e instrumentos

3.4.1. Técnicas:

Para el desarrollo y validación del sistema de control de asistencia escolar se emplearon las siguientes técnicas:

3.4.1.1. Programación de microcontroladores

Se utilizó Arduino IDE para desarrollar el firmware del ESP32, incorporando la lectura de tarjetas RFID con el módulo RC522, el almacenamiento en tarjeta microSD y la gestión de notificaciones en tiempo real a través de un bot de Telegram.

3.4.1.2. Integración de hardware-software

Se realizó el montaje y la interconexión de los módulos electrónicos (ESP32, lector RFID RC522, módulo microSD, módulo cargador TC4056A y batería Li-Ion 18650), asegurando un funcionamiento coordinado del sistema embebido.

3.4.1.3. Pruebas de campo

El prototipo fue instalado y validado en condiciones reales dentro del Colegio Oppenheimer, donde se verificó la precisión de lectura RFID, el registro automático de asistencias, la generación de reportes en archivos TXT y la eficacia en el envío de notificaciones a padres y personal administrativo.

3.4.1.4. Encuestas institucionales

Se aplicaron encuestas en tres instituciones (Colegio Pentágono, Colegio Líder y Colegio Oppenheimer) para conocer sus métodos actuales de control de asistencia y su percepción sobre la utilidad del sistema automático. Finalmente, solo el Colegio Oppenheimer aceptó la instalación piloto, debido a que la implementación fue gratuita y porque contaba con una población estudiantil menor, lo que facilitó la validación experimental.

3.4.1.5. Análisis y visualización de datos

Los registros de asistencia se almacenaron en la microSD en formato TXT (con estructura de columnas para nombre, hora, fecha y estado), permitiendo su análisis posterior en Microsoft Excel. De manera complementaria, el bot de Telegram notificó en tiempo real a padres y personal, facilitando la visualización inmediata en dispositivos móviles.

3.5. Instrumentos

3.5.1. Hardware

- Microcontrolador ESP32 WROOM-32 DEVKIT V1: núcleo del sistema, con procesador dual-core y conectividad Wi-Fi/Bluetooth.
- Módulo lector/grabador RFID RC522: permite identificar estudiantes mediante tarjetas RFID (13.56 MHz).

- Módulo lector de memoria microSD: almacenamiento local de los registros de asistencia en archivos TXT.
- Módulo cargador USB TC4056A con step-up regulable: gestiona la carga de la batería.
- Batería Li-Ion 18650 (3.7V, 1600mAh): Fuente de energía recargable para la autonomía del sistema.
- Batería Li-Ion 18650 (3.7 V, 1600 mAh): fuente de energía portátil que otorga autonomía al dispositivo.
- Pantalla TFT (TFT_eSPI): muestra en tiempo real la hora, fecha, estado de conexión Wi-Fi, nivel de batería y mensajes informativos.
- Zumbador piezoeléctrico (buzzer): retroalimentación sonora de las operaciones (registro correcto, error, duplicados).

3.5.2. Software

- **Arduino IDE**: entorno de desarrollo del firmware que integra la lógica de horarios, manejo de archivos y envío de notificaciones.
- **Bot de Telegram:** canal de comunicación para notificaciones instantáneas y envío de reportes diarios a padres y administrativos.
- **Herramientas de diseño y simulación electrónica (Proteus):** empleadas en la fase de planificación de circuitos y pruebas preliminares de interconexión.

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTACIÓN Y VALIDACIÓN DEL SISTEMA EMBEBIDO

Este capítulo detalla el proceso de implementación técnica del sistema embebido para control de asistencia escolar, abarcando el diseño hardware-software, integración de componentes, desarrollo de firmware, interfaz de usuario y pruebas de validación. El sistema combina tecnología RFID, microcontrolador ESP32, pantalla TFT y comunicación WiFi para lograr un registro automático y notificaciones en tiempo real mediante un boot de telegram, cumpliendo con los objetivos planteados en la matriz de consistencia.

4.1. Arquitectura del sistema

El sistema se organiza en módulos interconectados: módulo de identificación con lector RFID RC522, microcontrolador ESP32, pantalla TFT, memoria microSD, y módulo de energía con batería de ion de litio. La comunicación entre estos componentes se realiza a través de protocolos SPI y WiFi para la transmisión de datos y notificaciones en tiempo real.

4.2. Diseño del sistema

El diseño de hardware es fundamental para garantizar la funcionalidad, eficiencia y fiabilidad del sistema embebido desarrollado. En esta sección, se

detallan los criterios de selección de componentes, la arquitectura del circuito, el esquema de conexiones y las consideraciones técnicas adoptadas durante la etapa de diseño. A continuación, se muestra la selección de componentes principales.

4.2.1. Componentes principales:

- **ESP32 WROOM-32:** Microcontrolador principal.
- **Módulo RFID RC522 (RC1):** Para la lectura de tarjetas RFID.
- **Micro SD Card (SD1):** Para almacenamiento de datos.
- **Pantalla TFT (TFT1):** Interfaz de usuario para visualización PANTALLA TFT DE 1.8 " RGB 128X160.
- **Buzzer (BUZ):** CON TONOS DE NOTIFICACION.
- **Batería 3.7V Li-PO 2A:** Fuente de alimentación principal.
- **Módulo TP4056 STEP UP (TP1):** Cargador de batería Lipo y elevación de voltaje
- **SW1 (SW-MINI):** Interruptor de encendido/apagado.
- **USB-EXT:** Conector USB externo para carga y alimentación del módulo.

4.3. Esquema de conexiones

El diagrama circuital mostrado en la Figura 10 ilustra las conexiones eléctricas del sistema embebido para el control de asistencia, el cual utiliza el

microcontrolador ESP32 como núcleo de procesamiento y comunicación. Este se encarga de coordinar la interacción entre los módulos periféricos mediante los buses de comunicación SPI e I2C, permitiendo la lectura, almacenamiento y visualización de datos en tiempo real.

El módulo RFID RC522 se conecta al ESP32 utilizando el protocolo SPI, empleando las siguientes líneas: SDA al GPIO 21, SCK al GPIO 18, MOSI al GPIO 23, MISO al GPIO 19 y RST al GPIO 22. La alimentación del módulo se realiza a 3.3 V con referencia a GND. Este lector es responsable de recibir las señales de las tarjetas RFID y transmitir el identificador único (UID) al microcontrolador para su validación y registro.

La pantalla TFT de 1.8 pulgadas también se comunica por SPI, compartiendo las líneas SCK y MOSI con el RC522, pero con líneas de control independientes: CS al GPIO 5, DC al GPIO 2 y RESET al GPIO 4. La pantalla muestra información en tiempo real, incluyendo la fecha, hora, nombre del estudiante, estado del Wi-Fi y mensajes operativos. Esta retroalimentación visual permite verificar el correcto funcionamiento del sistema durante el registro de asistencias.

El módulo microSD está integrado al mismo bus SPI para el almacenamiento local de datos, con los pines conectados de la siguiente forma: CS al GPIO 15, SCK al GPIO 18, MOSI al GPIO 23 y MISO al GPIO 19. De esta manera, el ESP32 genera archivos de texto (.txt o .csv) que registran los eventos de ingreso y salida de cada usuario, garantizando respaldo y trazabilidad de la información incluso sin conexión a Internet.

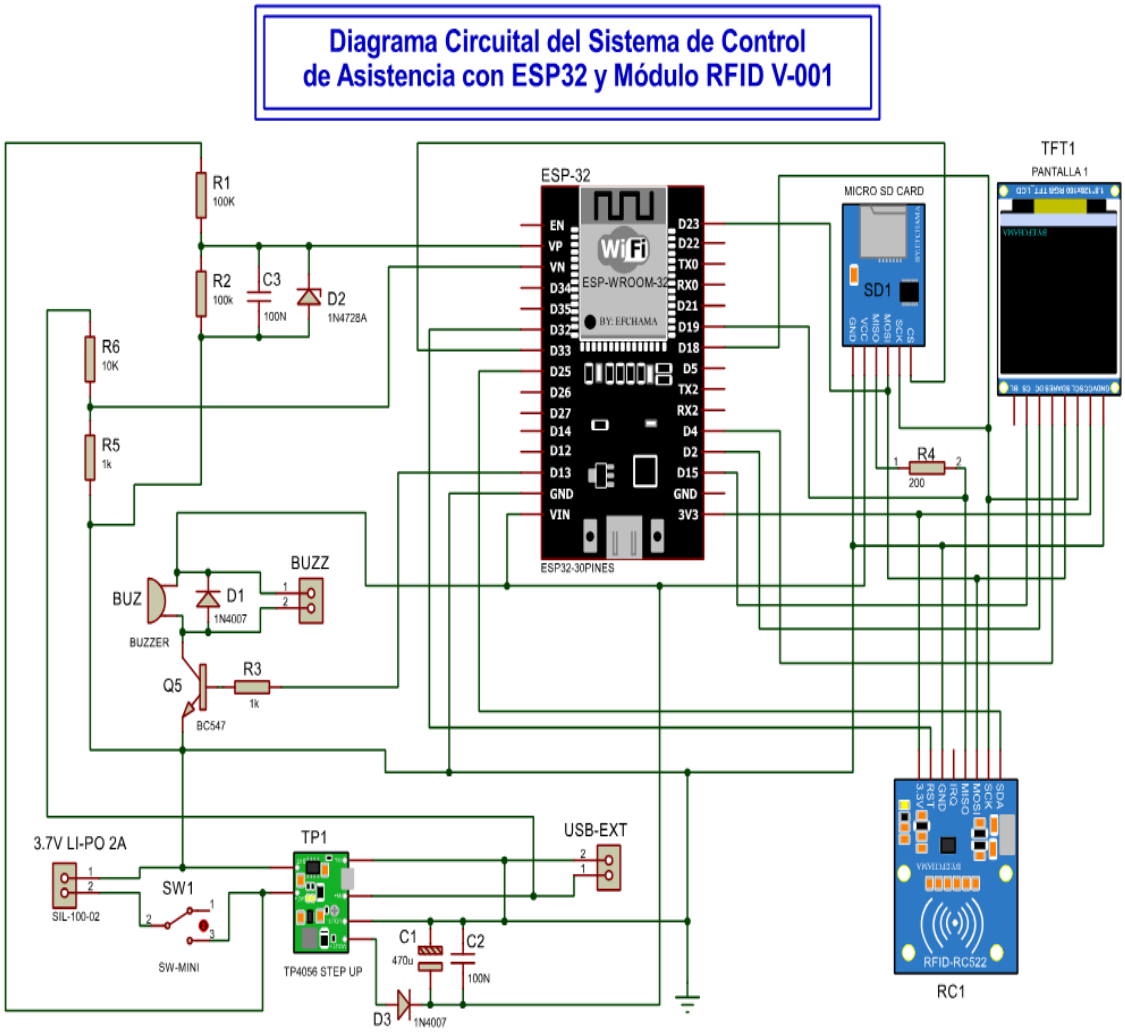
El sistema incluye un buzzer controlado mediante un transistor BC547 conectado al GPIO 13 del ESP32, con un diodo 1N4007 en paralelo para protección ante picos de corriente. Este componente emite un sonido breve que indica la correcta lectura de una tarjeta o un evento registrado, aportando una señal auditiva de confirmación. Además, resistencias asociadas limitan la corriente en las bases del transistor, protegiendo al microcontrolador y estabilizando las señales de control.

La fuente de alimentación del circuito se basa en una batería de litio de 3.7 V y 2 A, conectada a un módulo de carga TP4056 que permite la recarga a través de un puerto USB. Un convertidor elevador (step-up) aumenta el voltaje a 5 V para alimentar el ESP32, la pantalla TFT, el lector RFID y la tarjeta microSD. Los condensadores y diodos adicionales colocados en el circuito proporcionan filtrado de ruido y protección contra sobrecorrientes, garantizando un funcionamiento estable y seguro.

En conjunto, las conexiones descritas permiten que el sistema funcione de manera coordinada: el ESP32 recibe la información desde el módulo RFID, la procesa y la almacena en la microSD, mientras la pantalla TFT y el buzzer brindan retroalimentación visual y sonora. La integración eficiente de los módulos mediante el bus SPI optimiza el diseño, reduce la cantidad de pines utilizados y asegura la confiabilidad del sistema embebido de control de asistencia.

Figura 10

Diagrama Circuito del Sistema de Control



Nota: Circuito bien diseñado y funcional, con correcta gestión de alimentación y buena integración de módulos

4.3.1. Descripción del diagrama de bloques y funcionamiento del sistema embebido

El diagrama de bloques mostrado en la Figura 11 representa la estructura funcional del sistema embebido diseñado para el control automatizado de asistencia escolar en instituciones educativas. Este sistema integra diversos módulos de hardware y software, los cuales interactúan entre sí para registrar y transmitir información de manera eficiente. El núcleo del sistema es el

microcontrolador ESP32, encargado de coordinar el proceso de lectura de tarjetas RFID, almacenamiento de datos y comunicación con el entorno externo mediante conexión Wi-Fi.

El proceso operativo inicia cuando un estudiante aproxima su tarjeta RFID al lector RC522. Este módulo detecta la presencia del tag y transmite el identificador único (UID) al ESP32 a través de una interfaz SPI. El microcontrolador procesa el dato recibido, verificando la validez del identificador y registrando el evento junto con la fecha y hora actual del sistema. En caso de tratarse de una tarjeta administrativa, el sistema activa el modo de configuración, permitiendo ajustes o mantenimiento sin necesidad de conexión externa.

Una vez procesado el evento, la información se muestra en la pantalla TFT LCD de 128 × 160 píxeles, la cual está dividida en varias ventanas operativas. En la Ventana 1 se visualizan la fecha, la hora, el nombre de la institución, el grado y la sección del estudiante, además del estado de batería y la conectividad Wi-Fi. En la Ventana 3 se presentan mensajes de confirmación del registro, así como la indicación del envío exitoso del archivo de registro en formato .txt o .csv al sistema de mensajería. Este diseño permite una retroalimentación visual inmediata para el usuario y facilita la supervisión del estado general del dispositivo.

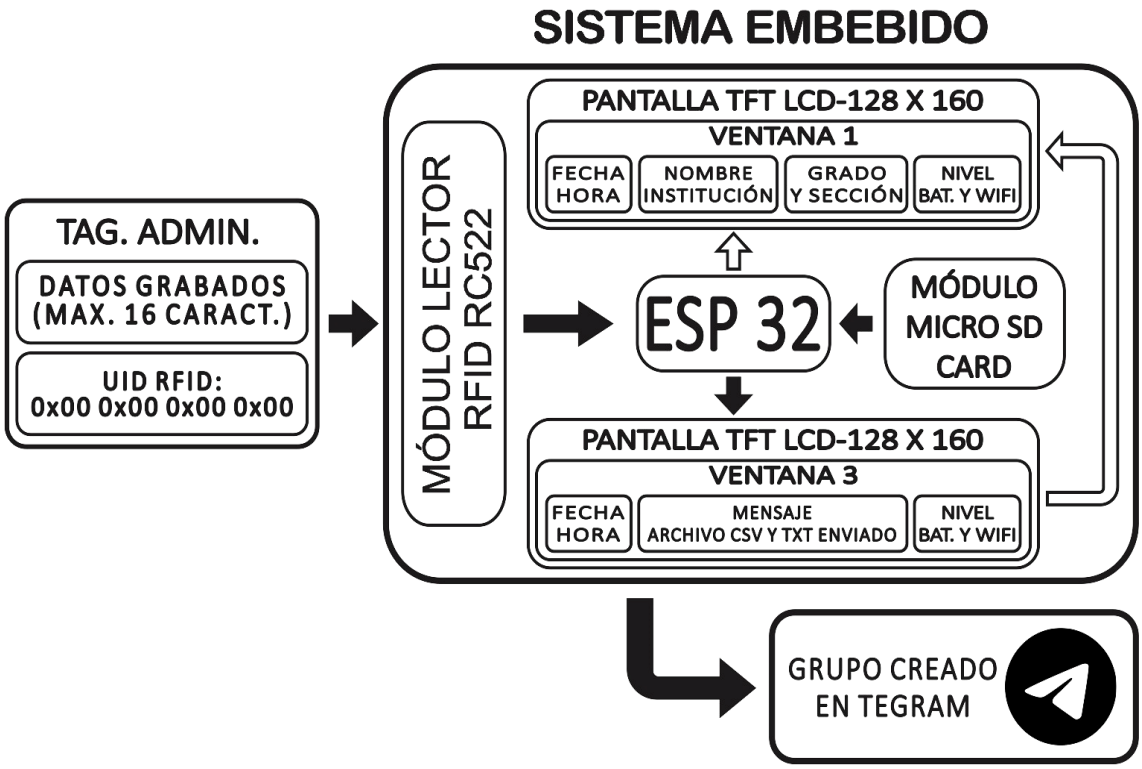
El módulo microSD cumple la función de almacenamiento local, guardando los registros de asistencia en archivos organizados por fecha, grado y tipo de evento (entrada o salida). Esta característica garantiza la integridad de los datos y permite la recuperación de información incluso en caso de fallos temporales de conexión. Posteriormente, el ESP32 transmite los registros al bot de Telegram mediante la red Wi-Fi, generando una notificación automática en el

grupo correspondiente al grado o sección. El mensaje incluye los datos del estudiante y un archivo adjunto con el registro completo del día, lo que facilita la supervisión remota por parte de los padres y el personal administrativo.

El flujo completo de datos puede resumirse de la siguiente manera: la lectura del tag RFID → procesamiento y validación por el ESP32 → almacenamiento en la microSD → visualización en la pantalla TFT → envío automático al grupo de Telegram. Este proceso se ejecuta en tiempo real, con una latencia promedio de 3.5 segundos desde la lectura de la tarjeta hasta la recepción de la notificación. Además, el sistema opera de manera autónoma gracias a su batería recargable de ion-litio, ofreciendo una autonomía aproximada de 9 horas y 45 minutos de funcionamiento continuo.

Figura 11

Diagrama de Bloques del Sistema Embebido para Control de Asistencia



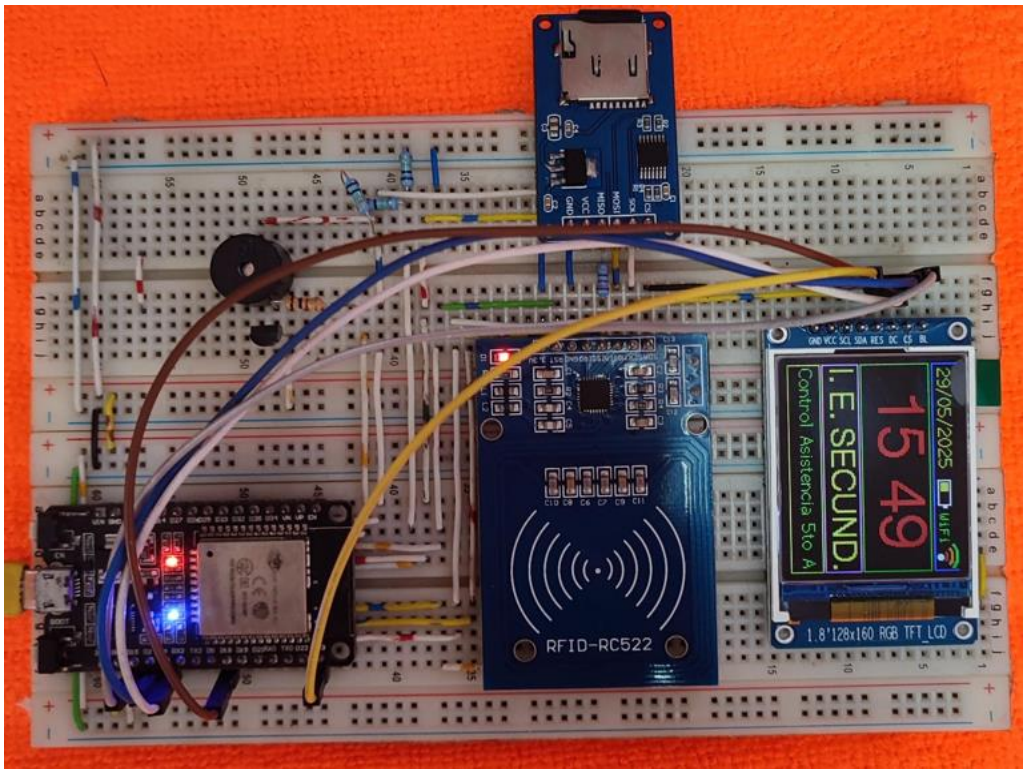
Nota: Este diagrama muestra el flujo básico de datos desde el tag RFID hacia el sistema embebido y la visualización en pantalla, con posterior envío de información al grupo en Telegram

4.4. Implementación del prototipo

El prototipo del sistema primeramente se desarrolló sobre una placa de pruebas (protoboard) utilizando como unidad central de procesamiento un **módulo ESP32**, debido a sus características de conectividad WiFi, bajo consumo energético y capacidad de procesamiento adecuada para aplicaciones IoT. cómo se observa en la figura12.

Figura 12

Prototipo armado sobre una protoboard



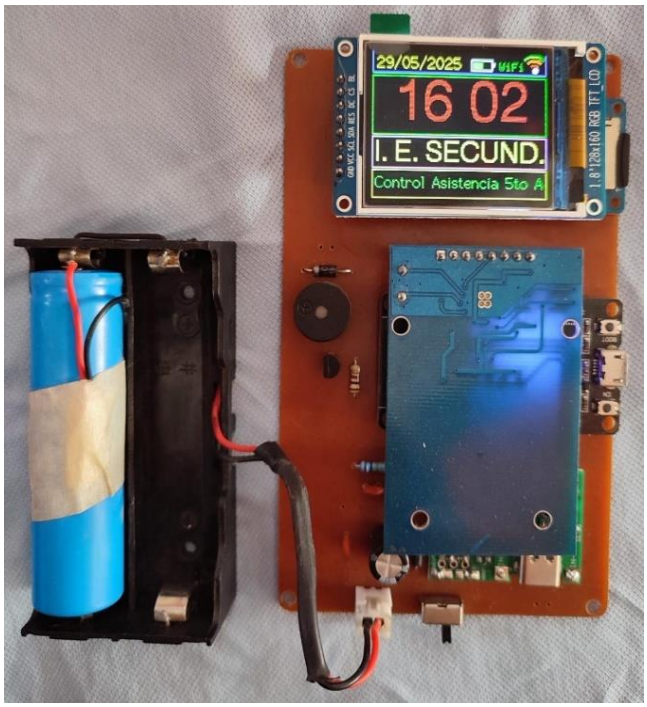
Nota: Prototipo funcionando

Después de validar el funcionamiento del sistema en una placa de pruebas (protoboard), se procedió al diseño e implementación del circuito en una placa PCB personalizada, con el objetivo de mejorar la estabilidad eléctrica, reducir el uso de cableado y dotar al sistema de mayor portabilidad y seguridad en las conexiones.

La Figura 13 muestra el prototipo final implementado en PCB. En esta versión, se mantienen los mismos módulos principales utilizados en la etapa de pruebas. El diseño en PCB asegura una mejor distribución de la alimentación, disminuye los riesgos de falsos contactos y proporciona mayor durabilidad, lo que convierte al sistema en un prototipo más cercano a su implementación real en entornos educativos.

Figura 13

Prototipo en PCB



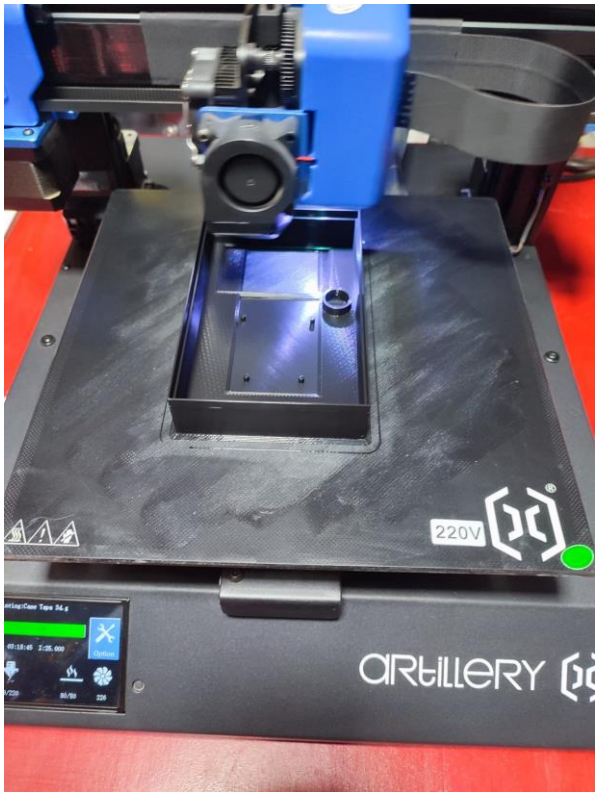
Nota: En esta etapa, se integró un portabaterías con una celda recargable de ion-litio, lo cual permitió dotar al prototipo de portabilidad y autonomía energética

Para brindar una mejor presentación y protección a los componentes electrónicos, se diseñó e imprimió en 3D una carcasa plástica personalizada que permite alojar el prototipo del sistema de control de asistencia. La Figura 14 muestra el proceso de fabricación de dicha carcasa mediante una impresora 3D Artillery, utilizando filamento PLA como material base. Este encapsulado

contribuye a la portabilidad, seguridad mecánica y estética del dispositivo, además de reducir riesgos de daño por manipulación externa.

Figura 14

Proceso de impresión 3D de la carcasa del prototipo en impresora Artillery

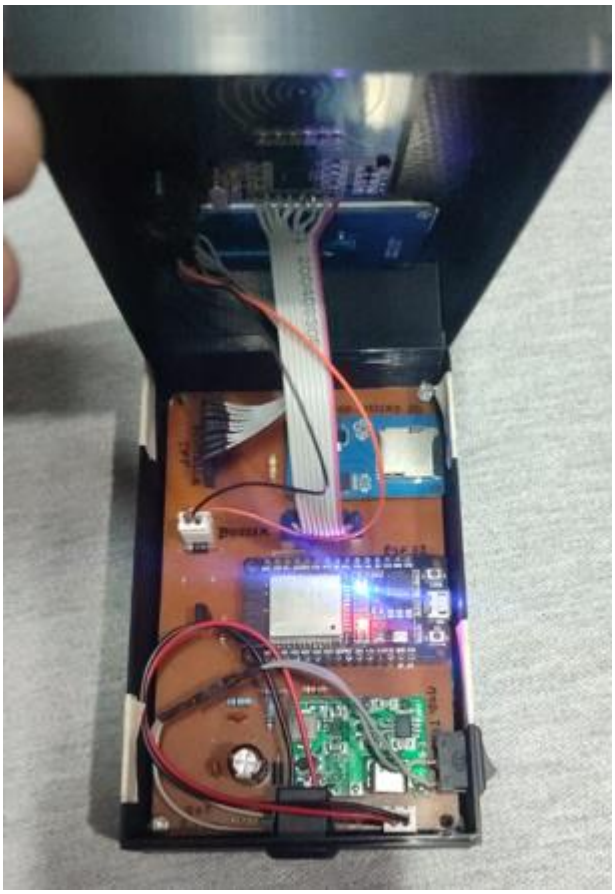


Nota: Carcasa fabricada en filamento PLA para protección y encapsulado del sistema electrónico.

Una vez culminada la etapa de diseño electrónico y validación del circuito en PCB, se procedió al montaje del sistema completo dentro de una carcasa plástica impresa en 3D, diseñada específicamente para alojar los componentes. La Figura 15 muestra el prototipo final ensamblado, donde se aprecia la integración de la pantalla TFT, el módulo lector RFID-RC522, el ESP32 y la batería recargable, todo protegido en un encapsulado que asegura mayor durabilidad, portabilidad y estética para su implementación en entornos escolares.

Figura 15

Prototipo final del sistema de control de asistencia montado en carcasa 3D.



Nota: Carcasa para protección y encapsulado del sistema embebido.

4.5. Desarrollo del Código

4.5.1. Levantamiento de Información

Previo al diseño del sistema embebido, se realizaron encuestas exploratorias en diversas instituciones educativas privadas con el fin de conocer los métodos actuales de control de asistencia y las percepciones sobre la posible implementación de un sistema automático. Los resultados mostraron que gran parte de los colegios aún utilizaban métodos manuales o mixtos, lo que generaba demoras, errores humanos y dificultades en la generación de reportes. A partir de esta evidencia se justificó el desarrollo de una solución tecnológica que

permita optimizar los registros y mejorar la comunicación con los padres de familia en tiempo real.

4.5.2. Diseño General del Sistema

El proyecto fue concebido bajo el título "Diseño y Desarrollo de un Sistema Embebido para el Control de Asistencia Escolar en Instituciones Privadas". El objetivo consistió en integrar un microcontrolador ESP32 con un lector RFID, una pantalla TFT, una memoria micro-SD y conectividad WiFi, de manera que el sistema pueda:

- Leer tarjetas de los estudiantes.
- Validar horarios de entrada y salida.
- Almacenar registros en archivos de texto.
- Enviar reportes automáticos a grupos de Telegram.
- Mostrar información en pantalla para estudiantes y personal administrativo.

4.5.3. Desarrollo del Código y Validación del Sistema

El desarrollo del código para el sistema embebido de control de asistencia escolar respondió a una necesidad identificada mediante encuestas aplicadas a diversas instituciones educativas privadas de la ciudad. Dichas encuestas permitieron conocer que la mayoría de colegios aún empleaban métodos manuales o mixtos para registrar la asistencia, situación que generaba demoras, errores y limitaba la comunicación oportuna con los padres de familia. Además, se recogió la percepción de directivos y docentes respecto a la importancia de adoptar soluciones tecnológicas que mejoren la precisión de los registros y faciliten la generación de reportes. Esta información constituyó el punto de partida para el diseño del sistema.

El proyecto se formalizó en la tesis titulada "Diseño y Desarrollo de un Sistema Embebido para el Control de Asistencia Escolar en Instituciones Privadas", cuyo objetivo fue implementar un prototipo basado en tecnología RFID y comunicación en tiempo real mediante un bot de Telegram. El sistema fue diseñado para registrar la asistencia de los estudiantes al pasar sus tarjetas, almacenar los datos en una memoria SD y enviar notificaciones instantáneas a los padres de familia. La programación se realizó en el entorno Arduino para el microcontrolador ESP32, integrando librerías de control RFID, manejo de pantalla TFT, gestión de WiFi mediante WiFiManager, sincronización de hora con NTP y comunicación segura con la API de Telegram.

4.6. Estructura del Código y Librerías Utilizadas

El código fue desarrollado en C++ bajo la plataforma Arduino, utilizando librerías específicas para cada componente. Su estructura se organizó en módulos funcionales, lo que permitió un diseño escalable y fácil de mantener.

Las principales librerías utilizadas fueron:

- Arduino.h: base del framework Arduino sobre ESP32.
- SPI.h: comunicación SPI entre RFID y micro-SD.
- SD.h: manejo de archivos de texto en micro-SD.
- MFRC522.h: control del lector RFID MIFARE.
- WiFi.h: conexión a redes WiFi.
- WiFiClientSecure.h y HTTPClient.h: envío seguro de mensajes/archivos a Telegram (HTTPS).
- Time.h: sincronización horaria mediante NTP (UTC-5).
- TFT_eSPI.h: control de la pantalla TFT.
- WiFiManager.h: portal de configuración de credenciales WiFi.

4.6.1. Inicialización de Hardware

Se definieron los pines de conexión de RFID (CS y RST), SD (CS), buzzer y batería (ADC), así como constantes de horarios (corte de entrada, apertura de salida, fin de jornada) y colores para la pantalla. Esto permitió estructurar el hardware de acuerdo con las necesidades del sistema.

4.6.2. Gestión de Tarjetas RFID

El sistema detecta una tarjeta y obtiene su contenido desde el bloque 8 (y siguientes). Cada tarjeta incluye un prefijo de dos dígitos que identifica el grado escolar, mientras que el resto del texto corresponde al nombre del estudiante. Si la tarjeta no tiene prefijo válido, el sistema muestra un mensaje de error en pantalla.

4.6.3. Control de Horarios

Se establecieron reglas de tiempo: entrada hasta las 08:11 horas; salida a partir de las 12:30; y fin de jornada a las 18:30. Adicionalmente, se programaron cierres automáticos diferenciados por día y grado, adaptando el sistema a la realidad institucional.

4.6.4. Registro y Anti-duplicado

Para evitar registros indebidos se implementaron dos capas: i) una ventana de 10 segundos que impide lecturas repetidas consecutivas y ii) una unicidad diaria que evita duplicidad de entradas o salidas en el mismo día. Cada registro válido escribe una línea en archivos de texto por tipo (Entradas/Salidas) y por grado.

4.6.5. Comunicación con Telegram

El dispositivo se conecta a Internet mediante WiFi y utiliza la API de Telegram para enviar mensajes de notificación y archivos de asistencia en

formato .txt a los grupos de cada grado. Se emplea cliente HTTPS para la transmisión y se verifican códigos de respuesta del servidor.

4.6.6. Interfaz en Pantalla TFT

La pantalla muestra fecha y hora sincronizadas por NTP, estado de la conexión WiFi (icono con barras) y nivel de batería (icono con porcentaje aproximado). La línea inferior despliega mensajes contextuales como 'REGISTRE SU INGRESO', 'REGISTRE SU SALIDA' o 'ENTRADA YA REGISTRADA'.

4.6.7. Gestión de WiFi

Se implementó la librería WiFiManager, que permite abrir un portal de configuración para registrar nuevas credenciales WiFi sin necesidad de reprogramar el dispositivo. Adicionalmente, se habilitó una tarjeta 'admin' que abre el portal en los dos primeros segundos del arranque.

4.7. Validación del Prototipo en Institución Educativa

Como parte de la fase de pruebas, se instaló el sistema en el Colegio Oppenheimer, donde se validó su funcionamiento durante dos meses consecutivos. Los resultados demostraron que el dispositivo registró de manera confiable la asistencia, generó reportes automáticos y permitió mejorar la comunicación con los padres de familia mediante mensajes instantáneos.

4.8. Funcionamiento del Dispositivo según el Código

Esta sección describe el comportamiento operativo del dispositivo tal como está implementado en el código. Se detalla el ciclo de vida desde el encendido, la gestión de redes, la lectura RFID, la lógica de horarios, el registro en micro-SD, el envío a Telegram, la interfaz en pantalla y los mecanismos de robustez.

4.8.1. Ciclo de vida al encender (setup)

- Se inicializan los periféricos: Serial, SPI, buzzer, lector RFID (MFRC522) y el ADC para la batería.
- Se establece una ventana de 2 segundos para la "tarjeta admin"; si se detecta el código especial, se abre el portal de WiFiManager sin borrar credenciales.
- Se gestiona la conexión Wi-Fi intentando autoConnect; si falla, se habilita el punto de acceso "ASISTENCIA_ESP32_SETUP" y el portal en 192.168.4.1.
- Se sincroniza la hora mediante NTP (UTC-5).
- Se inicializa la microSD; si la operación falla, el equipo se reinicia.
- Se realiza el render básico en la pantalla TFT (fecha y hora) y se marca el estado de Telegram como listo cuando hay conexión Wi-Fi.
- Se cargan los horarios de cierre por día y por grado con valores por defecto.
- Se deja el sistema preparado para el ciclo principal de operación.

4.8.2. Bucle principal (loop)

- Cada 30 s: verificación/reconexión WiFi; si no reconecta en ~15 s, reinicia el equipo.
- Cada 1 s: intento de lectura de tarjeta RFID (leerTarjeta).
- Automatizaciones de tiempo: abrir/cerrar ventanas de entrada y salida, y envío de archivos al cumplirse las horas umbral.
- UI: actualización de hora (parpadeo de ":"), fecha, iconos de WiFi y batería.

4.8.3. Flujo de lectura RFID y validación

- Detección de nueva tarjeta y lectura del serial (UID).
- Intento de autenticación y lectura de texto en bloque 8 (y 9–10); si no hay texto válido, se usa el UID en hexadecimal.
- Extracción del prefijo de 2 dígitos para determinar el grado (01–04) y del nombre visible (texto tras el primer espacio).
- Casos especiales: tarjeta admin fuera del arranque → aviso; tarjeta sin prefijo válido → "TARJETA NO RECONOCIDA".

4.8.4. Apertura, cierre y envío automático a Telegram

- **Registro de entradas**

  Antes de las 08:11 horas, el sistema muestra la opción "Registre su ingreso". Una vez superado este horario, los archivos de registro por grado se cierran automáticamente. Posteriormente, dichos archivos son enviados a los chats correspondientes (acompañados de un mensaje y del documento).

- **Registro de salidas**

A partir de las 12:30 horas, el sistema habilita la opción "Registre su salida". Cada grado cierra y envía su archivo de manera automática al cumplirse el horario previamente configurado para ese día. En caso de que existan archivos pendientes, todos se cierran forzosamente a las 4:30pm horas.

El sistema realiza el envío de mensajes a través del protocolo HTTPS (sendMessage), mientras que los documentos en formato .txt se transmiten mediante solicitudes POST multipart (sendDocument). Una vez confirmada la entrega exitosa, se procede a limpiar los estados internos y los contadores del sistema, garantizando así la disponibilidad para el siguiente ciclo de registro.

4.9. Funcionalidad del sistema embebido

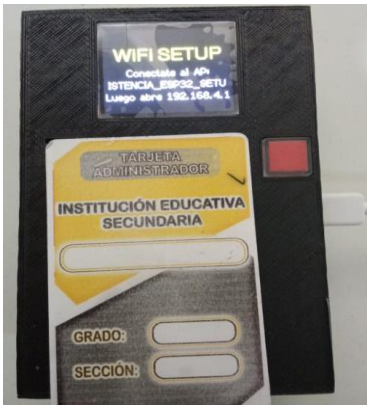
El sistema desarrollado permite gestionar de manera automática el registro de asistencia de los estudiantes mediante el uso de tarjetas RFID, almacenamiento en memoria SD, visualización en pantalla TFT y envío de reportes a través de la plataforma Telegram. El proceso de funcionamiento se desarrolla en las siguientes etapas:

4.9.1. Configuración de red mediante tarjeta administradora

En la fase inicial, el dispositivo permanece en modo de espera hasta detectar la tarjeta administradora, la cual contiene un código especial que habilita la opción de configurar la red inalámbrica. Al acercar esta tarjeta, el sistema activa el modo de configuración WiFiManager y muestra en la pantalla TFT el mensaje de acceso, indicando la conexión a la red creada por el dispositivo (SSID: ASISTENCIA_ESP32_SETUP). El usuario, a través de un dispositivo móvil o computadora, ingresa a la dirección 192.168.4.1 y selecciona la red Wi-Fi institucional, introduciendo la clave correspondiente como se observa en la Figura 17.

Figura 16

Modo de entrada para configurar Wifi Setup



Nota: Se coloca la tarjeta Admin. para configurar el wifi setup solo al inicio o cuando se requiera cambiar de red wifi.

Figura 17

Interfaz de configuración de red WiFiManager



Nota: Esta interfaz es parte del proceso de inicialización del sistema, donde el administrador define la red inalámbrica a la cual se conectará el módulo ESP32 para sincronizar la hora y enviar los reportes de asistencia

4.9.2. Conexión y sincronización

Una vez ingresadas las credenciales, el ESP32 se conecta automáticamente a la red seleccionada. El sistema confirma la conexión en la pantalla TFT mostrando el mensaje "WiFi Conectado". Paralelamente, se sincroniza la hora mediante el protocolo NTP (Network Time Protocol) con el servidor pool.ntp.org, asegurando que los registros se guarden con fecha y hora correctas, en la figura 18 y figura 19 se observa la realización de las pruebas de funcionamiento en el colegio Oppenheimer de Juliaca.

Figura 18

Prueba de funcionamiento



Nota: El dispositivo identifica las tarjetas RFID con una demora de un segundo.

Figura 19

Estudiantes realizando su control de asistencia



Nota: Los estudiantes entienden que se registraron correctamente al escuchar el pitido del dispositivo.

4.9.3. Registro de Entradas y salidas

Durante la mañana, al aproximar una tarjeta RFID de estudiante al lector, el sistema identifica el grado y el nombre del alumno a partir de la información contenida en la tarjeta. Si el registro ocurre antes de las 08:11 horas, se considera como una entrada válida y se almacena en un archivo de texto dentro de la memoria SD Asia como también los registros de salida se generan desde las 12.30pm.

4.9.4. Envío de Reportes a Telegram

La comunicación con los tutores y padres de familia se realiza mediante el bot de Telegram configurado en el sistema. El dispositivo envía un mensaje de cortesía junto con el archivo .txt que contiene el registro detallado de estudiantes, hora, fecha y estado (Temprano/Retiro). En la aplicación de Telegram se observa la recepción de los reportes tanto de entradas como de salidas, garantizando transparencia y accesibilidad de la información como se observa en la figura 20.

Figura 20

Visualización de los registros en Telegram



Nota: Captura de pantalla del grupo de mensajería donde el sistema transmite los archivos de asistencia de entradas y salidas de manera automática, garantizando la comunicación en tiempo real con los padres de familia (2025).

4.9.5. Archivos de Registro

Los archivos generados tienen formato de texto plano (.txt) y contienen encabezados, columnas de datos y la lista de estudiantes registrados. Cada línea incluye el nombre, la hora, la fecha y el estado correspondiente. Este formato facilita la lectura en cualquier dispositivo y permite, en caso de ser necesario,

procesar los datos en otras plataformas informáticas como se observa en la figura 21 y figura 22.

Figura 21

Registro de entradas generado automáticamente por el sistema

```
=== REGISTRO DE ENTRADAS DE SECUNDARIA ===
Estudiante                    ; Hora  ; Fecha      ; Estado
1. QUISPE CANAZA Neimar Daniel    ; 07:40 ; 27/08/2025 ; Temprano
2. CHURA ANCCO Therry Juan        ; 07:42 ; 27/08/2025 ; Temprano
3. VILCA LEON Kevin Anderson      ; 07:47 ; 27/08/2025 ; Temprano
4. QUISPE MAMANI Brenda Beatriz   ; 07:50 ; 27/08/2025 ; Temprano
5. HUAMANTUMA MACHACA Kenya Jenni ; 07:51 ; 27/08/2025 ; Temprano
6. PAMPA TIZNADO Harold           ; 07:52 ; 27/08/2025 ; Temprano
7. CAMA CCOPA  Sadid              ; 07:54 ; 27/08/2025 ; Temprano
8. FUENTES VASGAS Nicoles Neymar  ; 07:55 ; 27/08/2025 ; Temprano
9. MAMANI TURPO Rodrigo Adrian    ; 07:56 ; 27/08/2025 ; Temprano
10. CANAZA SURCO Jandy Camila      ; 07:58 ; 27/08/2025 ; Temprano
11. CHUQUILLATA MAMANI Geraldine Y ; 08:00 ; 27/08/2025 ; Temprano
12. PACORI APAZA Jean Piero Alessa ; 08:00 ; 27/08/2025 ; Temprano
13. MAMANI ESCARCENA Astrit Raissa ; 08:02 ; 27/08/2025 ; Temprano
14. CHAMBI CHAMBI Beyssa Berith Vi ; 08:02 ; 27/08/2025 ; Temprano
15. MENDOZA ARHUIRE Anghy Alison A ; 08:04 ; 27/08/2025 ; Temprano
16. MENDOZA ARHUIRE Maria de los A ; 08:04 ; 27/08/2025 ; Temprano
17. CONDORI MAMANI Robin Kenedy    ; 08:08 ; 27/08/2025 ; Temprano
18. MACHACA HUARILLOCLLA Deyvis Jh ; 08:08 ; 27/08/2025 ; Temprano
```

Nota: Archivo en formato .txt almacenado en la tarjeta SD y transmitido por Telegram, donde se detallan los estudiantes con su hora, fecha y estado de asistencia (2025).

Figura 22

Registro de salidas generado automaticamente por el sistema

```
=== REGISTRO DE SALIDAS DE SECUNDARIA ===
Estudiante                    ; Hora  ; Fecha      ; Estado
1. MACHACA HUARILLOCLLA Deyvis Jh ; 16:29 ; 28/08/2025 ; Retiro
2. CONDORI MAMANI Robin Kenedy    ; 16:31 ; 28/08/2025 ; Retiro
3. HUAMANTUMA MACHACA Kenya Jenni ; 16:31 ; 28/08/2025 ; Retiro
4. FUENTES VASGAS Nicoles Neymar  ; 16:42 ; 28/08/2025 ; Retiro
5. PACORI APAZA Jean Piero Alessa ; 16:43 ; 28/08/2025 ; Retiro
6. CALSIN CACERES Shantal Anthone ; 16:43 ; 28/08/2025 ; Retiro
7. CHURA ANCCO Therry Juan        ; 16:49 ; 28/08/2025 ; Retiro
8. CAMA CCOPA  Sadid              ; 16:51 ; 28/08/2025 ; Retiro
9. QUISPE CANAZA Neimar Daniel    ; 16:53 ; 28/08/2025 ; Retiro
10. MAMANI ESCARCENA Astrit Raissa ; 16:55 ; 28/08/2025 ; Retiro
```

Nota: Se observa que faltan 8 estudiantes eso quiere decir que no registraron su salida.

4.9.6. Diagrama de flujo del sistema embebido

Figura 23

Configuración Inicial del Sistema

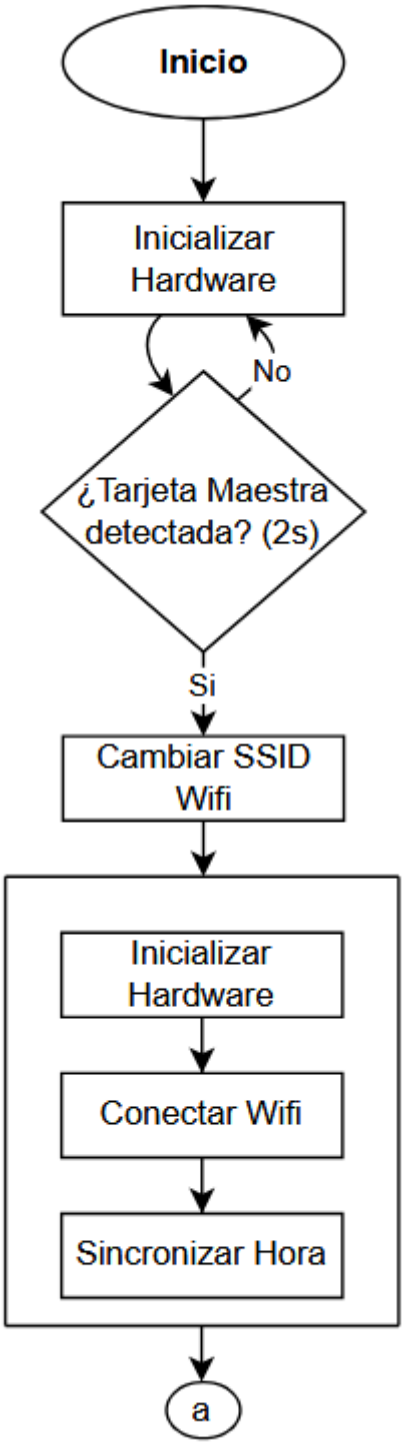


Figura 24

Operación Principal y Registro de Sesión

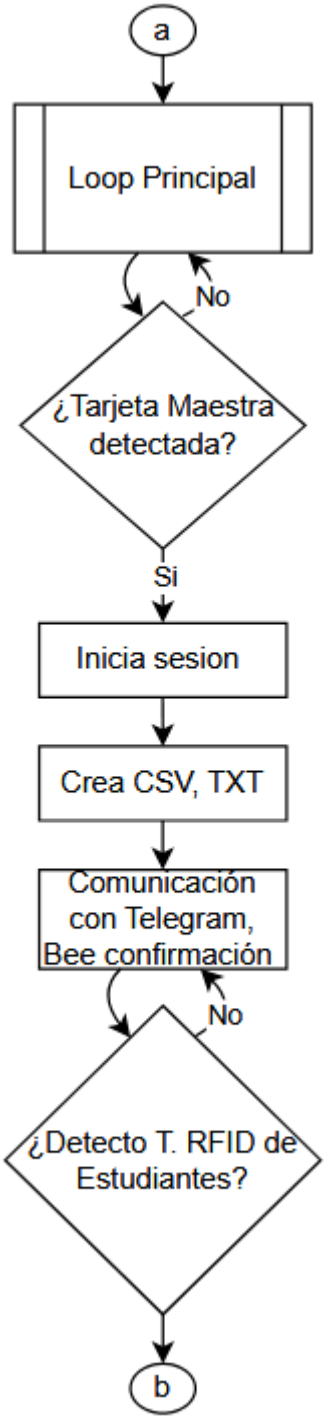
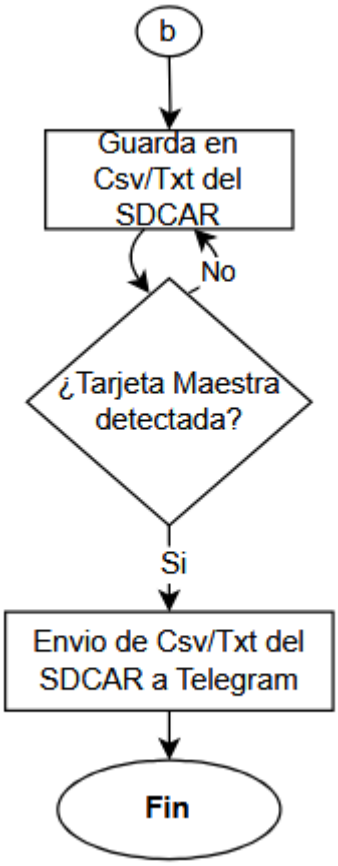


Figura 25

Gestión y Envió de Datos



4.10. Descripción del funcionamiento del sistema embebido

Al encender el sistema, la placa ESP32 realiza el proceso de arranque (boot), donde se inicializan todos los módulos hardware y las librerías necesarias, incluyendo la configuración del bot de Telegram. Durante esta fase, el sistema se conecta a la red WiFi y establece la comunicación con el servidor del bot, preparándose para enviar notificaciones en tiempo real. Una vez en funcionamiento, cuando un estudiante pasa frente al lector RFID, esta captura automáticamente la tarjeta y el sistema registra la asistencia: la información se guarda en archivos en la tarjeta microSD y, de manera simultánea, se envía una notificación en tiempo real vía Telegram al grupo o contacto correspondiente, informando la entrada o salida del estudiante con todos los detalles relevantes.

Este proceso asegura que la información quede respaldada localmente en la microSD para futuras auditorías o reportes, además de facilitar la comunicación instantánea, incrementando la seguridad y la eficiencia en el monitoreo de asistencias.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Este capítulo presenta el análisis de los resultados obtenidos en la implementación y validación del sistema embebido para el control de asistencia escolar. Se integran los hallazgos técnicos, la aceptación por parte de las instituciones y usuarios, así como las limitaciones detectadas. Además, se incluyen los resultados de las encuestas aplicadas en los colegios participantes, lo que permite comparar la percepción institucional con el desempeño del prototipo.

5.1. Evaluación institucional mediante encuestas

Con el fin de conocer el estado actual de los procesos de control de asistencia y la receptividad hacia la incorporación de nuevas tecnologías, se aplicó una encuesta estructurada en tres instituciones educativas privadas:

- Colegio Pentágono Internacional School.
- Institución Educativa Privada Líder.
- Institución Educativa Privada Oppenheimer.

La encuesta incluyó los siguientes ítems principales:

1. Método actual de control de asistencia (manual, automático, mixto, aplicaciones de mensajería, otro).

2. Grado de importancia que la institución asigna a la adopción de tecnologías para la gestión administrativa.
3. Percepción sobre si un sistema automático de asistencia mejoraría la precisión y optimización del tiempo.
4. Aspectos más valorados de un sistema automático (reducción de errores, ahorro de tiempo, informes, control de ausentismo).
5. Valoración del sistema de notificaciones en tiempo real vía Telegram.
6. Nivel de importancia de la rapidez y facilidad de uso del sistema para estudiantes, padres y administrativos.
7. Valoración de los reportes automáticos y análisis estadísticos de asistencia.
8. Sugerencias de funcionalidades adicionales (ej. códigos QR, reconocimiento facial, integración con plataformas).

5.2. Resultados de las encuestas

Las encuestas fueron aplicadas en tres instituciones: Colegio Pentágono Internacional School, I.E.P. Líder y Colegio Oppenheimer. El objetivo fue conocer cómo realizaban actualmente el control de asistencia y su disposición frente a un sistema automático.

Los hallazgos principales fueron:

- Colegio Pentágono: era el único que usaba un método digital, basado en códigos QR. Sin embargo, el proceso resultaba poco práctico, ya que un administrativo debía escanear uno por uno los códigos, lo que demandaba tiempo adicional.

- Colegio Líder y Colegio Oppenheimer: continuaban utilizando métodos manuales (listas impresas o cuadernos), con limitaciones de precisión y demora en el registro.
- Adopción tecnológica: las tres instituciones coincidieron en que la incorporación de nuevas tecnologías en el control de asistencia es muy importante, ya que contribuiría a mejorar la eficiencia administrativa.
- Beneficios esperados: los más valorados fueron la reducción de errores humanos y el ahorro de tiempo para docentes y administrativos.
- Telegram como innovación: la mayoría coincidió en que recibir notificaciones automáticas en tiempo real sería un valor añadido importante para los padres de familia.

En cuanto a la validación práctica, tanto Pentágono como Líder participaron únicamente en la encuesta, mientras que el Colegio Oppenheimer aceptó la instalación del prototipo, debido a que la implementación fue gratuita y su menor número de estudiantes facilitó el control de la prueba piloto.

5.3. Resultados técnicos en Oppenheimer

La validación se llevó a cabo durante una semana, con más de 200 registros procesados. Los resultados principales se resumen en la Tabla 3:

Tabla 3

Resultados de la validación en campo

MÉTRICA	RESULTADO	OBJETIVO
Precisión en detección RFID	99.2%	≥95%
Latencia en notificaciones	3.5 s (±1.2 s)	< 5 s
Autonomía de batería	9 h 45 min	≥ 8 h
Registros procesados	>200 en 1 semana	–

Nota: Estos datos evidencian que el sistema cumple con los estándares de precisión y rapidez definidos en los objetivos, confirmando su viabilidad técnica y operativa.

5.4. Retroalimentación de usuarios

En el Colegio Oppenheimer se recogió la opinión de estudiantes, docentes y administrativos:

- Estudiantes: 92% prefieren el sistema automático frente al manual, destacando rapidez y facilidad.
- Docentes y administrativos: 88% valoraron la interfaz en pantalla TFT como clara y útil, y el ahorro de tiempo en el registro.
- Padres: apreciaron las notificaciones inmediatas en Telegram, que aumentan la percepción de seguridad y transparencia

Evaluación del consumo energético y autonomía

5.4.1. Limitaciones detectadas

- Dependencia de la red WiFi, que afecta las notificaciones en tiempo real.
- Dependencia de servidores externos: el sistema usa servidores de Telegram y NTP (pool.ntp.org). Si alguno de estos servicios está caído o bloqueado por políticas de red de la institución, las notificaciones y la sincronización horaria se interrumpen.
- Alcance limitado del RFID (0–1cm), lo que exige acercar la tarjeta al lector.

CONCLUSIONES

Primera: El sistema embebido integrando lectura RFID y notificaciones en tiempo real automatizó con precisión el registro de asistencia y mejoró la comunicación entre la institución y los padres, cumpliendo el propósito central del estudio.

Segunda: La implementación con ESP32 y tarjetas RFID permitió registrar la asistencia de forma confiable y exacta, reduciendo errores manuales y tiempos de verificación en la institución.

Tercera: La integración de un bot de Telegram proporcionó notificaciones inmediatas y efectivas a padres e institución, fortaleciendo el seguimiento en tiempo real del ingreso/egreso de estudiantes y la oportunidad de respuesta ante incidencias.

RECOMENDACIONES

El sistema embebido desarrollado demostró cumplir con los objetivos planteados, evidenciando precisión y estabilidad en las pruebas de campo. Sin embargo, con el fin de fortalecer su desempeño y ampliar su aplicabilidad en entornos educativos más grandes, se proponen las siguientes recomendaciones:

Primero: Implementación de servicios en la nube. Se recomienda incorporar un servidor en la nube (por ejemplo, Firebase, AWS IoT o Google Cloud) para el almacenamiento centralizado de los registros de asistencia. Esto permitiría acceder a los datos desde cualquier ubicación, generar reportes históricos, realizar análisis estadísticos y garantizar la seguridad y respaldo de la información.

Segundo: Desarrollo de una interfaz web o aplicación móvil. El uso de un panel administrativo en línea posibilitaría la visualización en tiempo real de los registros, la administración de usuarios y el control de varios dispositivos instalados en diferentes sedes de una institución.

Tercero: Optimización del módulo de conectividad. Aunque el ESP32 ofrece conectividad Wi-Fi estable, se sugiere incorporar módulos alternativos como LoRa, GSM o 4G LTE para permitir el envío de notificaciones en entornos sin acceso a redes inalámbricas institucionales.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alejandra, S. M. L., Rodrigo, V. T., & Antonio, T. F. D. (2017). *APLICACIÓN MOVIL PARA EL CONTROL DE ASISTENCIA A EVENTOS APLICANDO TECNOLOGIA RFID*. *3*.

Baldeón Hermida, B. A., & Salazar Cazco, S. A. (2019). *Sistema Informático para Automatizar el Control de Asistencia a clases de Docentes y Estudiantes de la ESPOCH con Dispositivos RFID, Aplicando la Metodología Scrumban* [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. https://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/12262

Cali Rivera, F. E. (2020). *Control de Asistencia de Estudiantes Mediante Dispositivos Biometricos RFID en la Universidad Estatal del Sur de Manabí* [Universidad Estatal del Sur de Manabí]. https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2302/1/TESIS_CALI%20RIVERA%20FREDDY%20ENRIQUE.pdf

Dipole. (s. f.). *Tipos Sistemas RFID | UHF, HF, NFC, LF | Dipole*. DipoleRFID. Recuperado 18 de noviembre de 2024, de https://www.dipolerfid.es/blog-rfid/Tipos-Sistemas-RFID

Eguez, D. (2020, diciembre 12). ESP32 with SD card modules—The master guide. *Medium*. https://deguez07.medium.com/esp32-with-sd-card-modules-the-master-guide-5d391f6785d7

Etiquetas RFID - Etiquetas de radiofrecuencia | Nextpoints RFID. (s. f.). NEXTPOINTS. Recuperado 18 de noviembre de 2024, de https://nextpoints.com/es/productos-rfid/etiquetas-rfid/

Kevin Piazzoli, F. P., & Alcantara Avalos, H. D. (2022). *Sistema de Monitoreo para el Control de Asistencia con RFID y Arduino en la I.E. Tercer Cielo,*

Trujillo, 2022 [Universidad César Vallejo]. https://hdl.handle.net/20.500.12692/114574

Larry Jovi, B. R. (2022). *Prototipo de seguridad y control de asistencia por RFID para estudiantes de la I.E.P. Cima de Chiclayo* [Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo]. https://hdl.handle.net/20.500.12893/10727

Lector RFID RC522 control de acceso RFID con Arduino. (2020, junio 2). https://programarfacil.com/blog/arduino-blog/lector-rfid-rc522-con-arduino/

Martinez Verand, R. S. (2017). *Diseño del Sistema de Control de Asistencia en la Agencia Mercado de la Caja Huancayo aplicando targetas de proximidad de tecnología RFID* [Universidad Continental]. https://hdl.handle.net/20.500.12394/4656

Micro SD Card Adapter Module. (s. f.). Components101. Recuperado 11 de diciembre de 2024, de https://components101.com/modules/micro-sd-card-module-pinout-features-datasheet-alternatives

Santiago Berna, S. (2023). *Aplicacion Web y dispositivo RFID para el registro de fichajes* [Universidad Miguel Hernández de Elche]. https://hdl.handle.net/11000/31739

Tomiño Quispe, L. M. (2023). *Sistema Basado en Tecnología RFID Y GSM para el Control de Asistencia Escolar en la Institución Educativa No 55006-17 de Talavera* [Universidad Nacional José María Arguedas]. https://hdl.handle.net/20.500.14168/835

Ventajas y aplicaciones de la tecnología RFID - Montega. (2022, septiembre 27). https://montega.es/blog/ventajas-y-aplicaciones-de-la-tecnologia-rfid/

ANEXOS

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

Anexo 1: Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
Problema General: ¿Cómo diseñar un sistema embebido que permita automatizar la asistencia escolar y notificar en tiempo real a los padres de familia y a la institución educativa?	Objetivo General: Diseñar, desarrollar y validar un sistema embebido para el control automatizado de asistencia escolar en instituciones educativas privadas, que registre en tiempo real mediante RFID y envíe notificaciones instantáneas mediante un bot de Telegram a padres de familia y personal administrativo.	Si se diseña y desarrolla un sistema embebido para el control automatizado de asistencia escolar, integrando ESP32, tecnología RFID y un bot de Telegram, entonces se logrará registrar en tiempo real el ingreso y salida de los estudiantes y enviar notificaciones oportunas a los padres de familia y al personal administrativo, mejorando el control de asistencia y la comunicación institucional.	Variable Independiente: Desempeño del sistema embebido de control de asistencia (ESP32 + RFID + TFT + almacenamiento + Telegram)	- Lectura RFID - Notificación (Telegram). - Almacenamiento Interfaz/operació. - Interfaz/operación. - Autonomía energética	- Precisión/tasa de éxito de lectura RFID (%); Tasa de error de lectura (%) - Latencia promedio de notificación (s); Tasa de entrega de notificaciones (%) (opcional) - Integridad de registros: % de registros guardados sin pérdida; Nº de registros almacenados - Correcta visualización de estados en pantalla TFT (sí/no). - Autonomía del sistema (h:min)	Tipo de Investigación: - Aplicada: Busca resolver un problema práctico y existente (la falta de un control de asistencia centralizado y eficiente). - Tecnológica / Experimental: Implica el desarrollo y la implementación de un prototipo o sistema tecnológico para observar sus efectos. Población y Muestra - Población: Estudiantes, padres de familia y personal administrativo/docente de la institución educativa. - Muestra: Seleccionar un grupo específico usando un muestreo no probabilístico por conveniencia. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos. - Encuestas/Cuestionarios: Para medir la satisfacción y percepción de utilidad por parte de padres de familia y personal administrativo/docente. Procedimiento General. - Fase de diagnostico - Fase de Diseño y desarrollo - Fase de pruebas - Fase de Validación
Problema Específico 1: ¿Cómo implementar la lectura automática de asistencia con RFID y ESP32 en instituciones privadas?	OE1: Diseñar y desarrollar el sistema embebido integrando ESP32, RFID, pantalla TFT y almacenamiento, para registrar en tiempo real el ingreso y salida de los estudiantes.	HE1: El sistema embebido basado en ESP32 y RFID permitirá registrar el ingreso y salida de los estudiantes con alta precisión de lectura RFID y con almacenamiento correcto de los registros de asistencia.	Variable Dependiente: Control automatizado de asistencia escolar y comunicación institucional.	- Precisión del registro. - Oportunidad. - Aceptación / utilidad.	- % de coincidencia entre lectura RFID y registro almacenado; Nº de inconsistencias. - Tiempo total de aviso (s): desde lectura RFID hasta notificación; Latencia promedio (s). - Satisfacción promedio; utilidad percibida (Likert)	
Problema Específico 2: ¿Cómo integrar notificaciones en tiempo real con ESP32 y Telegram para los padres de familia y la institución?	OE2: Validar el funcionamiento y desempeño del sistema en pruebas en campo, evaluando la precisión de lectura RFID, la latencia de notificación por Telegram, la autonomía del sistema y la aceptación de los usuarios.	HE2: El módulo de notificaciones mediante bot de Telegram enviará alertas en un tiempo promedio bajo y presentará buena aceptación por parte de los padres de familia y del personal administrativo durante las pruebas en campo..				

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

Anexo 2: Código del proyecto

```
// SISTEMA DE CONTROL DEASISTENCIA
// Tesis: Dispositivo embebido con notificaciones en tiempo real por Telegram y registro local en microSD
// Autor: (coloca tu nombre)
// Descripción general:
// - Lee tarjetas RFID (MFRC522) para registrar ENTRADAS y SALIDAS por grado.
// - Administra ventanas horarias (corte de entrada, inicio de salida, fin de jornada y cierres por día/grado).
// - Evita registros duplicados (debounce 10 s + unicidad por día).
// - Envía reportes automáticos por Telegram (TXT) y guarda respaldo local en microSD.
// - Muestra estado en pantalla TFT (hora/fecha, WiFi/batería, mensajes).
// - Gestiona WiFi con WiFiManager (portal de configuración al arranque con tarjeta ADMIN).
// - Sincroniza hora por NTP (UTC-5 Perú).
// Advertencia de seguridad (prototipo):
//   El BOT_TOKEN de Telegram está embebido en el firmware (expuesto). Para producción, se
recomienda:
//   - Guardarlo en NVS (preferible) o ingresarlo vía portal de WiFiManager (campo protegido).
//   - Rotar el token si el firmware se comparte públicamente.
// ====== Includes ======
// Bibliotecas base de Arduino y periféricos utilizados
#include <Arduino.h>            // API base de Arduino
#include <SPI.h>                // Bus SPI para RFID y microSD
#include <SD.h>                 // Manejo de tarjeta microSD
#include <MFRC522.h>            // Lector RFID RC522 (MFRC522)
#include <WiFi.h>               // Conectividad WiFi del ESP32
#include <WiFiClientSecure.h>   // Cliente TLS (HTTPS) para Telegram
#include <HTTPClient.h>         // Cliente HTTP de alto nivel
#include "time.h"               // Funciones de tiempo/NTP
#include <TFT_eSPI.h>           // Librería para pantalla TFT (configurada vía User_Setup.h)
#include <WiFiManager.h>        // Configuración interactiva de WiFi (portal c/AP y web)
// ====== Pines hardware ======
// Definición de pines usados por módulos externos
#define CS_RFID 25              // Chip Select del RC522 (SPI)
#define RST_RFID 32             // Reset del RC522
#define CS_SD 33                // Chip Select de la microSD (SPI)
#define BUZZER 13               // Buzzer (salida digital)
#define BLOQUE_TARJETA 8        // Bloque MIFARE para leer texto (si existe); si falla, se usa UID
#define TFT_ELECTRONIC_CYAN 0x07FF // Color (formato 565) para reloj
#define FACTOR_CORRECCION 1.075  // Corrección de voltaje baterías (calibración empírica)
#define BATTERY_PIN 36          // ADC para sensado de batería (GPIO36 = ADC1_CH0)
// ====== Objetos HW ======
// Instancias de periféricos: pantalla, RFID y gestor de WiFi
TFT_eSPI tft = TFT_eSPI();              // Pantalla TFT
MFRC522 rfid(CS_RFID, RST_RFID);        // Lector RFID MFRC522
WiFiManager wifiManager;                // Gestor de credenciales WiFi y portal
// ====== WiFi / Telegram ======
// Token del bot de Telegram (en prototipo). En producción, mover a NVS/portal.
const String BOT_TOKEN = "7827533454:AAHZcN3rzPYdc0XxMNit_kExpZQjWWdkgOQ";
// ====== NTP (sincronización horaria) ======
const char* ntpServer = "pool.ntp.org";  // Pool NTP público
const long  gmtOffset_sec = -18000;      // UTC-5 (Perú)
const int   daylightOffset_sec = 0;      // Sin horario de verano
// ====== Grados / Prefijos / Nombres / Chats ======
// Mapeo entre prefijo de tarjeta, nombre de grado y chat de Telegram
const int NUM_GRADOS = 4;
String GRADOS[] = {"1ro","2do","3ro","4to"};
String TARJETA_PREFIJOS[] = {"01","02","03","04"};            // "01 Nombre Apellido" -> 1er grado
String NOMBRES_ESPECIALES_GRADOS[] = {"Primero","Segundo","Tercero","Cuarto"};
String CHAT_IDS[] = {                                         // Chats de Telegram por grado
"-1002871919828", // 1ro
"-1002696330932", // 2do
"-1002745101990", // 3ro
"-1002684705975"  // 4to
};
// ====== Estructuras y utilidades de hora ======
// Pequeña estructura y utilidades para comparar horas hh:mm
struct HoraMin { int hh; int mm; };
inline HoraMin HM(int h, int m){ HoraMin x; x.hh=h; x.mm=m; return x; }
inline bool esHoraMayorOIgual(int hh, int mm, const HoraMin& ref){
```

```
return (hh > ref.hh) || (hh == ref.hh && mm >= ref.mm);
}
inline bool esHoraMenorOIgual(int hh, int mm, const HoraMin& ref){
return (hh < ref.hh) || (hh == ref.hh && mm <= ref.mm);
}
// ====== Config horarios ======
// Reglas de negocio: corte de entrada, inicio de salidas, fin de jornada, y cierres por día/grado
HoraMin CFG_CORTE_ENTRADA = {8,11};  // Entrada válida solo hasta 08:11
HoraMin CFG_INICIO_SALIDA = {12,30}; // Ventana de salida desde 12:30
HoraMin CFG_FIN_JORNADA  = {18,30};  // Fin de jornada (se cierra todo)
HoraMin CFG_CIERRE[7][4];            // Cierres por día (0..6 = Dom..Sáb) y grado (0..3)
// ====== Control y archivos (solo TXT) ======
// Archivos TXT por grado para ENTRADAS/SALIDAS + banderas y contadores
String archivoTXTEntrada[NUM_GRADOS];
String archivoTXTSalida[NUM_GRADOS];
bool tieneDatosEntrada[NUM_GRADOS] = {false,false,false,false};
bool tieneDatosSalida[NUM_GRADOS]  = {false,false,false,false};
int contadorEntrada[NUM_GRADOS]    = {0,0,0,0};
int contadorSalida[NUM_GRADOS]     = {0,0,0,0};
// Estados de sesión automáticos (ventanas abiertas/cerradas)
bool entradaAbierta = false;
bool salidaAbierta[NUM_GRADOS] = {false,false,false,false};
// ====== Anti-duplicado (debounce 10 s por estudiante/grado) ======
// Previene múltiples lecturas seguidas de la misma tarjeta
const unsigned long VENTANA_ANTIDUP_MS = 10000;
const int DUP_CACHE = 10; // cache de últimos vistos por grado
String ultimosNombres[NUM_GRADOS][DUP_CACHE];
unsigned long ultimosTiempos[NUM_GRADOS][DUP_CACHE] = {{0}};
// ====== Unicidad por día (sin duplicados diarios) ======
// Garantiza una sola ENTRADA y una sola SALIDA por estudiante/día
const int MAX_UNICOS = 400;  // Capacidad por grado (ajustable al aforo)
String unicosEntrada[NUM_GRADOS][MAX_UNICOS];
int    nUnicosEntrada[NUM_GRADOS] = {0,0,0,0};
String unicosSalida[NUM_GRADOS][MAX_UNICOS];
int    nUnicosSalida[NUM_GRADOS]  = {0,0,0,0};
// ====== Pantalla / reloj / timers ======
// Variables de soporte para render de reloj, íconos, y refrescos temporizados
struct tm timeinfo;
bool colonVisible = true;               // Parpadeo del separador ':'
int last_hh=-1, last_mm=-1;             // Última hora/min para evitar redibujar de más
unsigned long lastColonBlink=0;
unsigned long lastSignalUpdateTime=0;
unsigned long lastBatteryUpdateTime=0;
const unsigned long INTERVALO_PARPADEO_COLON = 1000;   // 1 Hz
const unsigned long INTERVALO_ACTUALIZACION_ICONOS = 5000; // 5 s
const int LINEA_INFERIOR_Y_POS = 103;                  // Línea de mensajes al usuario
String textoActualLineaInferior = "";
// Otros timers/banderas del sistema
bool telegramListo=false;               // true si hay WiFi -> listo para Telegram
unsigned long ultimaLectura=0, ultimaVerificacionWiFi=0;
const unsigned long INTERVALO_LECTURA=1000;  // Poll de RFID cada 1 s
const unsigned long INTERVALO_WIFI=30000;    // Revisión de WiFi cada 30 s
// Tarjeta “admin” (control en arranque para abrir portal sin borrar credenciales)
const String CODIGO_CONTROL_ESPECIAL = "0000000000000000";
// ====== Prototipos ======
// Declaraciones previas para mantener orden lógico del archivo
void aplicarCierresPorDefecto();
void inicializarSD();
void reiniciarSistema();
void beep(int veces,int dur_ms);
bool sincronizarHora();
void manejarWiFi();
void initializeDisplay();
void updateDisplayElements();
void displayTime();
void displayDate();
void actualizarLineaInferiorPantalla(String msg);
String getFormattedDate();
String getFormattedTime();
String getFormattedTimestamp();
String sanitizeFilename(String s);
```

```
// Formato de columnas de archivo TXT
String padRight(const String& s, int width);
String formatoRegistro(int idx, String nombre, String hora, String fecha, String estado);
// RFID y registro
String getNombreCorto(const String& nombreCompleto);
int   obtenerGradoDesdeContenidoTarjeta(String contenido_tarjeta);
String obtenerContenidoTarjeta();
void  finalizarLectura();
void  leerTarjeta();
// Archivos por grado
void crearArchivoEntradaSiNoExiste(int grado_idx);
void crearArchivoSalidaSiNoExiste(int grado_idx);
bool registrarAsistencia(String nombre, int grado_idx);
// Telegram
bool enviarMensajeTelegram(String msg, const String& chat_id);
bool enviarArchivoTelegram(const char* archivo, const String& chat_id);
// Automatización por horario
void automatizarEntradas();
void automatizarSalidas();
void cerrarYEnviarEntrada();
void cerrarYEnviarSalida(int grado_idx);
// UI: WiFi y batería
int getSignalStrengthLevel();
void drawArc(int x,int y,int r1,int r2,int a0,int a1,uint16_t color);
void drawWiFiSignal(int x,int y,int baseRadius,int signalStrength);
void updateWiFiIconSignal();
float readAverageVoltage(int samples=10);
int getBatteryLevel(float v);
void drawBatteryIcon(int x,int y);
// Portal WiFi
void iniciarPortalWiFiManager();
// --- Unicidad helpers (consultas/operaciones sobre listas de únicos) ---
bool yaRegistradoEntrada(const String& nombre, int grado_idx);
bool anotarEntradaUnica(const String& nombre, int grado_idx);
bool yaRegistradoSalida(const String& nombre, int grado_idx);
bool anotarSalidaUnica(const String& nombre, int grado_idx);
void limpiarUnicosEntrada();
void limpiarUnicosSalida(int grado_idx);
// ====== Anti-duplicado (después de prototipos) ======
// Previene doble conteo si la misma tarjeta se presenta en <10 s
bool esDuplicadoReciente(int grado_idx, const String& nombre){
unsigned long ahora = millis();
for (int i=0;i<DUP_CACHE;i++){
if (ultimosNombres[grado_idx][i] == nombre){
if (ahora - ultimosTiempos[grado_idx][i] < VENTANA_ANTIDUP_MS){
unsigned long restante_ms = VENTANA_ANTIDUP_MS - (ahora - ultimosTiempos[grado_idx][i]);
int restante_s = (int)((restante_ms + 999) / 1000);
actualizarLineaInferiorPantalla("YA REGISTRADO HACE " + String(restante_s) + "s");
return true; // evitar doble registro
} else {
// Expiró la ventana: actualizar tiempo y permitir registro
ultimosTiempos[grado_idx][i] = ahora;
return false;
}
}
}
// Si no existía, insertar en primer hueco o reemplazar el más viejo
int posLibre=-1; int posMasVieja=0; unsigned long masViejo=ultimosTiempos[grado_idx][0];
for (int i=0;i<DUP_CACHE;i++){
if (ultimosNombres[grado_idx][i].length()==0){ posLibre=i; break; }
if (ultimosTiempos[grado_idx][i] < masViejo){ masViejo=ultimosTiempos[grado_idx][i]; posMasVieja=i; }
}
int pos = (posLibre!=-1)? posLibre : posMasVieja;
ultimosNombres[grado_idx][pos] = nombre;
ultimosTiempos[grado_idx][pos] = ahora;
return false;
}
// ====== Unicidad (implementación) ======
// Garantizan 1 sola ENTRADA y 1 sola SALIDA por estudiante por día
bool yaRegistradoEntrada(const String& nombre, int grado_idx){
int n = nUnicosEntrada[grado_idx];
```

```
for (int i=0;i<n;i++) if (unicosEntrada[grado_idx][i] == nombre) return true;
return false;
}
bool anotarEntradaUnica(const String& nombre, int grado_idx){
int &n = nUnicosEntrada[grado_idx];
if (n >= MAX_UNICOS) return false;            // protección de overflow
unicosEntrada[grado_idx][n++] = nombre;
return true;
}
bool yaRegistradoSalida(const String& nombre, int grado_idx){
int n = nUnicosSalida[grado_idx];
for (int i=0;i<n;i++) if (unicosSalida[grado_idx][i] == nombre) return true;
return false;
}
bool anotarSalidaUnica(const String& nombre, int grado_idx){
int &n = nUnicosSalida[grado_idx];
if (n >= MAX_UNICOS) return false;            // protección de overflow
unicosSalida[grado_idx][n++] = nombre;
return true;
}
void limpiarUnicosEntrada(){ for(int g=0; g<NUM_GRADOS; ++g) nUnicosEntrada[g]=0; }
void limpiarUnicosSalida(int grado_idx){ nUnicosSalida[grado_idx]=0; }
// ====== Cierres por día/grado ======
// Inicializa matriz de cierres de salida por día de semana y grado
void aplicarCierresPorDefecto(){
// d=0..6 => Dom..Sáb
// Lunes
CFG_CIERRE[1][0] = HM(14,30);
CFG_CIERRE[1][1] = HM(14,30);
CFG_CIERRE[1][2] = HM(16,30);
CFG_CIERRE[1][3] = HM(18,30);
// Mar/Mié/Jue
for(int d=2; d<=4; d++){
CFG_CIERRE[d][0] = HM(16,30);
CFG_CIERRE[d][1] = HM(16,30);
CFG_CIERRE[d][2] = HM(18,30);
CFG_CIERRE[d][3] = HM(18,30);
}
// Viernes
CFG_CIERRE[5][0] = HM(14,30);
CFG_CIERRE[5][1] = HM(14,30);
CFG_CIERRE[5][2] = HM(14,30);
CFG_CIERRE[5][3] = HM(16,30);
// Domingo/Sábado (fallback por seguridad)
CFG_CIERRE[0][0]=CFG_CIERRE[0][1]=CFG_CIERRE[0][2]=CFG_CIERRE[0][3]=HM(14,30);
CFG_CIERRE[6][0]=CFG_CIERRE[6][1]=CFG_CIERRE[6][2]=CFG_CIERRE[6][3]=HM(14,30);
}
// ====== setup(): inicialización de hardware y servicios ======
void setup() {
Serial.begin(115200);   // Consola para debug
SPI.begin();            // Inicia bus SPI compartido (RFID + SD)
// Buzzer: beep de arranque
pinMode(BUZZER, OUTPUT);
digitalWrite(BUZZER, LOW);
beep(1, 150);
// RFID
rfid.PCD_Init();        // Inicializa MFRC522 (SPI + reset)
// Batería (ADC) y resolución
pinMode(BATTERY_PIN, INPUT);
analogReadResolution(12); // 0..4095
// Pantalla: mensajes de estado mientras conecta
tft.init();
tft.setRotation(1);
tft.fillScreen(TFT_BLACK);
tft.setTextColor(TFT_WHITE, TFT_BLACK);
tft.drawCentreString("Iniciando Sistema...", tft.width() / 2, 40, 2);
tft.drawCentreString("Conectando WiFi...",  tft.width() / 2, 70, 2);
// -------- WiFi (WiFiManager) --------
// Configurar modo STA, potencia TX, reconexión
WiFi.mode(WIFI_STA);
WiFi.setSleep(false);
```

```
WiFi.setTxPower(WIFI_POWER_19_5dBm);
WiFi.setAutoReconnect(true);
// Callback cuando se guarda nueva configuración
wifiManager.setSaveConfigCallback([](){
Serial.println("[WiFiManager] Nuevas credenciales guardadas en NVS.");
});
// Ventana de 2 s para pasar tarjeta ADMIN al arranque y abrir portal SIN borrar credenciales
Serial.println("Pase TARJETA ADMIN en 2s para cambiar WiFi (sin borrar)...");
actualizarLineaInferiorPantalla("Pase CONTROL (2s)");
unsigned long t0 = millis();
bool abrirPortal = false;
// Lee tarjeta en ventana corta de 2 s
while (millis() - t0 < 2000) {
if (rfid.PICC_IsNewCardPresent() && rfid.PICC_ReadCardSerial()) {
String contenido = obtenerContenidoTarjeta();
finalizarLectura();
if (contenido == CODIGO_CONTROL_ESPECIAL) { // Tarjeta ADMIN
abrirPortal = true;
break;
} else {
beep(1, 60); // Tarjeta no admin -> beep corto
}
}
delay(10);
yield();
}
if (abrirPortal) {
// Portal de configuración sin borrar credenciales antiguas
Serial.println("[WiFi] Tarjeta admin detectada -> abrir portal (SIN resetSettings).");
actualizarLineaInferiorPantalla("Cambiando WiFi...");
beep(2, 120);
iniciarPortalWiFiManager();   // Bloquea hasta salir; luego reinicia
} else {
// Intento de autoconectar; si falla, abrir portal
if (!wifiManager.autoConnect("ASISTENCIA_ESP32_SETUP", NULL)) {
Serial.println("[WiFi] autoConnect fallo. Abriendo portal...");
iniciarPortalWiFiManager();
}
}
// Si llegamos aquí, hay WiFi
Serial.print("WiFi OK. IP: ");
Serial.println(WiFi.localIP());
actualizarLineaInferiorPantalla("WiFi Conectado!");
beep(1, 100);
delay(500);
// -------- NTP --------
// Intenta sincronizar hora de red; si falla, el sistema sigue pero con mensajes
if (sincronizarHora()) Serial.println("Hora sincronizada.");
else                   Serial.println("Fallo NTP.");
// -------- SD --------
// Inicializa microSD y reinicia si falla (indispensable para reportes)
inicializarSD();
// -------- TFT base --------
tft.fillScreen(TFT_BLACK);
initializeDisplay();
displayDate();
getLocalTime(&timeinfo);
displayTime();
// Bandera inicial de Telegram (requiere WiFi)
telegramListo = (WiFi.status() == WL_CONNECTED);
// Configura cierres por defecto
aplicarCierresPorDefecto();
}
// ====== loop(): ciclo principal ======
void loop(){
unsigned long ahora = millis();
// Verificación/reconexión WiFi periódica (cada 30 s)
if (ahora - ultimaVerificacionWiFi >= INTERVALO_WIFI){
ultimaVerificacionWiFi = ahora;
manejarWiFi();
telegramListo = (WiFi.status()==WL_CONNECTED);
```

```
}
// Lectura de tarjeta RFID (cada 1 s)
if (ahora - ultimaLectura >= INTERVALO_LECTURA){
ultimaLectura = ahora;
leerTarjeta();
}
// Automatizaciones horarias: abrir/cerrar ventanas y enviar reportes
automatizarEntradas(); // cierra y envía a las 08:11; luego muestra "BIENVENIDO"
automatizarSalidas();  // abre 12:30, muestra "REGISTRE SU SALIDA" y cierra por grado
// Actualiza elementos de UI (reloj, WiFi, batería)
updateDisplayElements();
yield(); // cede CPU al RTOS para tareas de fondo
}
// ================== Formato en columnas (para TXT) ==================
// Alinea texto a ancho fijo y construye una línea: "idx. Nombre ; Hora ; Fecha ; Estado"
String padRight(const String& s, int width){
if (width <= (int)s.length()) return s.substring(0, width);
String out = s;
out.reserve(width);
int n = width - s.length();
for (int i = 0; i < n; ++i) out += ' ';
return out;
}
String formatoRegistro(int idx, String nombre, String hora, String fecha, String estado){
// Columnas fijas: Nombre(30) ; Hora(5) ; Fecha(10) ; Estado
String nombreCol = padRight(nombre, 30);
String horaCol   = padRight(hora,   5);
String fechaCol  = padRight(fecha, 10);
String linea = String(idx) + ". " + nombreCol + " ; " + horaCol + " ; " + fechaCol + " ; " + estado;
return linea;
}
// ================== RFID, nombre corto y registro (solo TXT)
// Extrae "Nombre Apellido" de "Nombre Apellido Otro", para mostrar en TFT
String getNombreCorto(const String& nombreCompleto){
int e1 = nombreCompleto.indexOf(' ');
if (e1 < 0) return nombreCompleto;
String n1 = nombreCompleto.substring(0, e1);
int e2 = nombreCompleto.indexOf(' ', e1+1);
String a1 = (e2<0) ? nombreCompleto.substring(e1+1)
: nombreCompleto.substring(e1+1, e2);
return n1 + " " + a1;
}
// Obtiene índice de grado a partir del prefijo textual ("01", "02", ...)
int obtenerGradoDesdeContenidoTarjeta(String s){
if (s.length()<2) return -1;
String pref = s.substring(0,2);
for(int i=0;i<NUM_GRADOS;i++){
if (pref == TARJETA_PREFIJOS[i]) return i;
}
return -1; // sin prefijo válido -> tarjeta desconocida
}
// Lee contenido desde el bloque 8 (si está escrito texto); si falla, usa UID en HEX
String obtenerContenidoTarjeta(){
MFRC522::MIFARE_Key key; for(byte i=0;i<6;i++) key.keyByte[i]=0xFF; // llave por defecto
byte status = rfid.PCD_Authenticate(MFRC522::PICC_CMD_MF_AUTH_KEY_A, BLOQUE_TARJETA,
&key, &(rfid.uid));
if (status != MFRC522::STATUS_OK){
// Fallback: usar UID en mayúsculas
String uid=""; for(byte i=0;i<rfid.uid.size;i++){ if(rfid.uid.uidByte[i]<0x10) uid+="0";
uid+=String(rfid.uid.uidByte[i],HEX); }
uid.toUpperCase();
return uid;
}
// Buffer temporal y lecturas de 3 bloques contiguos (48 bytes brutos)
byte buffP[50]; memset(buffP,0,sizeof(buffP));
byte tmp[18]; byte sz=sizeof(tmp);
if (rfid.MIFARE_Read(BLOQUE_TARJETA, tmp, &sz) != MFRC522::STATUS_OK) return "";
memcpy(&buffP[0], tmp, 16);
if (rfid.MIFARE_Read(BLOQUE_TARJETA+1, tmp, &sz) == MFRC522::STATUS_OK)
memcpy(&buffP[16], tmp, 16);
```

```
if (rfid.MIFARE_Read(BLOQUE_TARJETA+2, tmp, &sz) == MFRC522::STATUS_OK)
memcpy(&buffP[32], tmp, 16);
rfid.PCD_StopCrypto1();
// Convertir bytes imprimibles a String (hasta encontrar 0 o no imprimible)
String cont="";
for(byte i=0;i<48;i++){
if (buffP[i]!=0 && isPrintable(buffP[i])) cont+=(char)buffP[i];
else break;
}
if (cont.isEmpty()){
// Si no había texto, regresar el UID
String uid=""; for(byte i=0;i<rfid.uid.size;i++){ if(rfid.uid.uidByte[i]<0x10) uid+="0";
uid+=String(rfid.uid.uidByte[i],HEX); }
uid.toUpperCase();
return uid;
}
return cont;
}
// Termina sesión de lectura y crypto en RFID
void finalizarLectura(){
rfid.PICC_HaltA();
rfid.PCD_StopCrypto1();
}
// Rutina principal de lectura y flujo de registro por tarjeta
void leerTarjeta(){
if (!rfid.PICC_IsNewCardPresent() || !rfid.PICC_ReadCardSerial()) return;
String contenido = obtenerContenidoTarjeta();
if (contenido.isEmpty()){
actualizarLineaInferiorPantalla("ERROR: Lectura");
beep(1,80); delay(40); beep(1,80);
finalizarLectura(); return;
}
// Nombre visible: si venía "01 Juan Perez", quitar prefijo y espacio
String nombreEstudiante = contenido;
int esp = contenido.indexOf(' ');
if (esp>0) nombreEstudiante = contenido.substring(esp+1);
int grado = obtenerGradoDesdeContenidoTarjeta(contenido);
if (grado==-1){
// Tarjeta ADMIN solo válida al arranque; el resto, no reconocidas
if (contenido == CODIGO_CONTROL_ESPECIAL){
actualizarLineaInferiorPantalla("ADMIN: Solo al arranque");
beep(2,80);
} else {
actualizarLineaInferiorPantalla("TARJETA NO RECONOCIDA");
beep(1,50);
}
finalizarLectura(); return;
}
// Intentar registrar; la función decide si es ENTRADA o SALIDA según hora
if (!registrarAsistencia(nombreEstudiante, grado)){
beep(2,90);   // Registro rechazado (duplicado/ventana cerrada/etc.)
} else {
beep(1,160);  // Registro aceptado
}
finalizarLectura();
}
// Crea archivo de ENTRADA para el grado si aún no existe (encabezados incluidos)
void crearArchivoEntradaSiNoExiste(int grado_idx){
if (!archivoTXTEntrada[grado_idx].isEmpty()) return;
String ts = getFormattedTimestamp();
String nombre = sanitizeFilename(NOMBRES_ESPECIALES_GRADOS[grado_idx]);
archivoTXTEntrada[grado_idx] = "/Entradas_" + nombre + "_" + ts + ".txt";
File t = SD.open(archivoTXTEntrada[grado_idx].c_str(), FILE_WRITE);
if (t){
t.println("=== REGISTRO DE ENTRADAS DE " + NOMBRES_ESPECIALES_GRADOS[grado_idx] + "
===");
t.println("Estudiante                    ; Hora  ; Fecha      ; Estado");
t.close();
}
tieneDatosEntrada[grado_idx]=false;
contadorEntrada[grado_idx]=0;
```

```
}
// Crea archivo de SALIDA para el grado si aún no existe (encabezados incluidos)
void crearArchivoSalidaSiNoExiste(int grado_idx){
if (!archivoTXTSalida[grado_idx].isEmpty()) return;
String ts = getFormattedTimestamp();
String nombre = sanitizeFilename(NOMBRES_ESPECIALES_GRADOS[grado_idx]);
archivoTXTSalida[grado_idx] = "/Salidas_" + nombre + "_" + ts + ".txt";
File t = SD.open(archivoTXTSalida[grado_idx].c_str(), FILE_WRITE);
if (t){
t.println("=== REGISTRO DE SALIDAS DE " + NOMBRES_ESPECIALES_GRADOS[grado_idx] + " ===");
t.println("Estudiante                    ; Hora  ; Fecha      ; Estado");
t.close();
}
tieneDatosSalida[grado_idx]=false;
contadorSalida[grado_idx]=0;
}
// Decide ENTRADA vs SALIDA por hora y aplica validaciones (ventanas, duplicados, unicidad)
bool registrarAsistencia(String estudiante_id, int grado_idx){
getLocalTime(&timeinfo);
int hh=timeinfo.tm_hour, mm=timeinfo.tm_min;
String estado;
// Anti-duplicado de corto plazo (10 s)
if (esDuplicadoReciente(grado_idx, estudiante_id)) {
return false;
}
if (hh < 12 || (hh==12 && mm<30)){
// ----- ENTRADA (<= 12:29), pero con corte 08:11 -----
if (!esHoraMenorOIgual(hh, mm, CFG_CORTE_ENTRADA)){
// Después del corte no registra ENTRADAS (actual diseño)
actualizarLineaInferiorPantalla("BIENVENIDO");
return false;
}
// Unicidad de ENTRADA por día
if (yaRegistradoEntrada(estudiante_id, grado_idx)){
actualizarLineaInferiorPantalla("ENTRADA YA REGISTRADA");
return false;
}
crearArchivoEntradaSiNoExiste(grado_idx);
estado = "Temprano"; // No existe estado "Tarde" en esta lógica
if (!anotarEntradaUnica(estudiante_id, grado_idx)){
actualizarLineaInferiorPantalla("LIMITE ENTRADAS");
return false;
}
contadorEntrada[grado_idx]++;
String linea = formatoRegistro(contadorEntrada[grado_idx], estudiante_id, getFormattedTime(),
getFormattedDate(), estado);
File f = SD.open(archivoTXTEntrada[grado_idx].c_str(), FILE_APPEND);
if (!f) return false;
f.println(linea); f.close();
tieneDatosEntrada[grado_idx]=true;
} else {
// ----- SALIDA (>= 12:30) -----
if (esHoraMayorOIgual(hh, mm, CFG_FIN_JORNADA)) {
actualizarLineaInferiorPantalla("BIENVENIDO");
return false;
}
if (!esHoraMayorOIgual(hh, mm, CFG_INICIO_SALIDA)){
actualizarLineaInferiorPantalla("SALIDA DESDE 12:30");
return false;
}
// Unicidad de SALIDA por día
if (yaRegistradoSalida(estudiante_id, grado_idx)){
actualizarLineaInferiorPantalla("SALIDA YA REGISTRADA");
return false;
}
if (!salidaAbierta[grado_idx]) salidaAbierta[grado_idx]=true;
crearArchivoSalidaSiNoExiste(grado_idx);
estado="Retiro";
if (!anotarSalidaUnica(estudiante_id, grado_idx)){
actualizarLineaInferiorPantalla("LIMITE SALIDAS");
return false;
```

```
}
contadorSalida[grado_idx]++;
String linea = formatoRegistro(contadorSalida[grado_idx], estudiante_id, getFormattedTime(),
getFormattedDate()  estado);
File f = SD.open(archivoTXTSalida[grado_idx].c_str(), FILE_APPEND);
if (!f) return false;
f.println(linea); f.close();
tieneDatosSalida[grado_idx]=true;
}
// Mostrar feedback en TFT (nombre corto + grado)
String corto = getNombreCorto(estudiante_id);
actualizarLineaInferiorPantalla(corto + " - " + GRADOS[grado_idx]);
return true;
}
// ================== Automatización (abrir/cerrar + enviar) ==================
// Cierra archivos de ENTRADA de todos los grados y los envía por Telegram (si tienen datos)
void cerrarYEnviarEntrada(){
if (!telegramListo) return;
getLocalTime(&timeinfo);
String saludo = (timeinfo.tm_hour<12) ? "buenos días" : (timeinfo.tm_hour<18 ? "buenas tardes" :
"buenas");
String msg = "Estimados PPFF, " + saludo + ". Se envían los registros de asistencia de entrada.";
for(int i=0;i<NUM_GRADOS;i++){
if (!archivoTXTEntrada[i].isEmpty() && tieneDatosEntrada[i]){
enviarMensajeTelegram(msg, CHAT_IDS[i]);
delay(600);
enviarArchivoTelegram(archivoTXTEntrada[i].c_str(), CHAT_IDS[i]);
}
// Limpieza: borrar archivo del día y reiniciar estado
if (!archivoTXTEntrada[i].isEmpty()) SD.remove(archivoTXTEntrada[i].c_str());
archivoTXTEntrada[i] = "";
tieneDatosEntrada[i]=false;
contadorEntrada[i]=0;
}
// Limpiar unicidad de ENTRADAS para nuevo día
limpiarUnicosEntrada();
entradaAbierta=false;
actualizarLineaInferiorPantalla("BIENVENIDO");
}
// Cierra y envía archivo de SALIDA por grado (cuando llega su hora de cierre)
void cerrarYEnviarSalida(int grado_idx){
if (!telegramListo) return;
if (!archivoTXTSalida[grado_idx].isEmpty() && tieneDatosSalida[grado_idx]){
getLocalTime(&timeinfo);
String saludo = (timeinfo.tm_hour<12) ? "buenos días" : (timeinfo.tm_hour<18 ? "buenas tardes" :
"buenas");
String msg = "Estimados PPFF, " + saludo + ". Se envían los registros de asistencia de salida.";
enviarMensajeTelegram(msg, CHAT_IDS[grado_idx]);
delay(600);
enviarArchivoTelegram(archivoTXTSalida[grado_idx].c_str(), CHAT_IDS[grado_idx]);
}
// Limpieza de archivo y estado
if (!archivoTXTSalida[grado_idx].isEmpty()) SD.remove(archivoTXTSalida[grado_idx].c_str());
archivoTXTSalida[grado_idx] = "";
tieneDatosSalida[grado_idx]=false;
contadorSalida[grado_idx]=0;
salidaAbierta[grado_idx]=false;
// Limpiar unicidad de SALIDAS para ese grado
limpiarUnicosSalida(grado_idx);
}
// Lógica de ventana de ENTRADAS (activa hasta 08:11). Luego cierra y envía.
void automatizarEntradas(){
getLocalTime(&timeinfo);
int hh=timeinfo.tm_hour, mm=timeinfo.tm_min;
if (esHoraMenorOIgual(hh, mm, CFG_CORTE_ENTRADA)){
if(!entradaAbierta){ entradaAbierta=true; }
actualizarLineaInferiorPantalla("REGISTRE SU INGRESO");
return;
}
if (entradaAbierta && esHoraMayorOIgual(hh, mm, CFG_CORTE_ENTRADA)){
cerrarYEnviarEntrada();
```

```
} else if (hh<12 || (hh==12 && mm<30)){
actualizarLineaInferiorPantalla("BIENVENIDO");
}
}
// Lógica de ventana de SALIDAS: abre 12:30, cierra por día/grado, y fin de jornada a 18:30
void automatizarSalidas(){
getLocalTime(&timeinfo);
int d=timeinfo.tm_wday;
int hh=timeinfo.tm_hour, mm=timeinfo.tm_min;

// Fin de jornada: cerrar todo y mostrar BIENVENIDO
if (esHoraMayorOIgual(hh, mm, CFG_FIN_JORNADA)) {
for (int g=0; g<NUM_GRADOS; g++) {
if (salidaAbierta[g]) {
cerrarYEnviarSalida(g);
}
salidaAbierta[g] = false;
}
actualizarLineaInferiorPantalla("BIENVENIDO");
return;
}
// Abrir ventana de salida desde 12:30
if (esHoraMayorOIgual(hh, mm, CFG_INICIO_SALIDA)){
for(int g=0; g<NUM_GRADOS; g++){
if (!salidaAbierta[g]) salidaAbierta[g]=true;
}
actualizarLineaInferiorPantalla("REGISTRE SU SALIDA");
}

// Cerrar por horario configurado de cada grado (matriz CFG_CIERRE)
for(int g=0; g<NUM_GRADOS; g++){
HoraMin corte = CFG_CIERRE[d][g];
if (salidaAbierta[g] && esHoraMayorOIgual(hh, mm, corte)){
cerrarYEnviarSalida(g);
}
}
}
// ==================== Utilidades (Telegram, WiFi, NTP, SD, TFT, batería)
// ---------- Telegram ----------
// Envía un mensaje de texto al chat indicado. Requiere WiFi conectado.
bool enviarMensajeTelegram(String mensaje, const String& chat_id){
if (WiFi.status()!=WL_CONNECTED) return false;
WiFiClientSecure client; client.setInsecure();
HTTPClient http;
// URL-encode básico (solo caracteres seguros)
String enc="";
for (unsigned int i=0;i<mensaje.length();i++){
char c=mensaje[i];
if (isalnum(c) || c=='-'||c=='_'||c=='.'||c=='~') enc+=c;
else if (c==' ') enc+="%20";
else if (c==',') enc+="%2C";
else if (c==';') enc+="%3B";
else if (c==':') enc+="%3A";
else { enc+='%'; const char* hex="0123456789ABCDEF"; byte v=(byte)c; enc+=hex[(v>>4)&0x0F];
enc+=hex[v&0x0F]; }
}
String url="https://api.telegram.org/bot"+BOT_TOKEN+"/sendMessage?chat_id="+chat_id+"&text="+enc;
http.begin(client,url);
int code=http.GET();
bool ok=(code>0 && http.getString().indexOf("\"ok\":true")!=-1);
http.end();
return ok;
}
// Envía archivo TXT como documento al chat. Requiere WiFi. Umbral mínimo de 40 bytes.
bool enviarArchivoTelegram(const char* archivo, const String& chat_id){
if (WiFi.status()!=WL_CONNECTED) return false;
WiFiClientSecure client; client.setInsecure();
HTTPClient http;
File file=SD.open(archivo);
if(!file) return false;
long min_size = 40; // evita enviar documentos vacíos
```

```
if (file.size()<=min_size){ file.close(); return false; }
// Construcción manual de multipart/form-data (cuerpo + archivo)
String boundary="Boundary_"+String(random(0xffff),HEX);
String cuerpo="--"+boundary+"\r\n";
cuerpo += "Content-Disposition: form-data; name=\"chat_id\"\r\n\r\n";
cuerpo += chat_id + "\r\n";
cuerpo += "--"+boundary+"\r\n";
cuerpo += "Content-Disposition: form-data; name=\"document\";
filename=\""+String(archivo).substring(1)+"\"\r\n";
cuerpo += "Content-Type: text/plain\r\n\r\n";
file.seek(0);
while(file.available()) cuerpo += (char)file.read();
cuerpo += "\r\n--"+boundary+"--\r\n";
String url="https://api.telegram.org/bot"+BOT_TOKEN+"/sendDocument";
http.begin(client,url);
http.addHeader("Content-Type","multipart/form-data; boundary="+boundary);
int code=http.POST(cuerpo);
bool ok=false;
if(code>0){
String resp=http.getString();
ok = (resp.indexOf("\"ok\":true")!=-1);
}
http.end();
file.close();
return ok;
}
// ---------- WiFi / NTP / SD ----------
// Sincroniza hora con servidor NTP (bloquea hasta 20 s como máximo en reintentos)
bool sincronizarHora(){
configTime(gmtOffset_sec, daylightOffset_sec, ntpServer);
struct tm tmp;
unsigned long t0=millis();
while(!getLocalTime(&tmp, 1000) && (millis()-t0<20000)){ /* esperando */ }
return getLocalTime(&tmp);
}
// Maneja reconexión WiFi; si no hay éxito en ~15 s, reinicia dispositivo
void manejarWiFi(){
if (WiFi.status()==WL_CONNECTED) return;
WiFi.reconnect();
unsigned long t0=millis();
while (WiFi.status()!=WL_CONNECTED && (millis()-t0<15000)) { delay(500); }
if (WiFi.status()==WL_CONNECTED) sincronizarHora();
else reiniciarSistema();
}
// Inicializa microSD; si falla, reinicia (para asegurar registro de evidencias)
void inicializarSD(){
pinMode(CS_SD, OUTPUT);
digitalWrite(CS_SD, HIGH);
if(!SD.begin(CS_SD)){
Serial.println("ERROR_SD: No se pudo inicializar SD.");
reiniciarSistema();
}
}
// ---------- Misceláneos ----------
// Reinicio controlado del ESP32
void reiniciarSistema(){ delay(1500); ESP.restart(); }
// Beep del buzzer (veces x duración)
void beep(int veces,int dur_ms){ for(int i=0;i<veces;i++){ digitalWrite(BUZZER,HIGH); delay(dur_ms);
digitalWrite(BUZZER,LOW); delay(dur_ms);} }
// Sanitiza nombre de archivo (reemplaza espacios por guiones bajos)
String sanitizeFilename(String s){ String t=s; t.replace(" ","_"); return t; }
// Formatos de fecha/hora (para archivos y pantalla)
String getFormattedDate(){
struct tm t; if(!getLocalTime(&t)) return "No Date";
char b[11]; snprintf(b,sizeof(b),"%02d/%02d/%04d",t.tm_mday,t.tm_mon+1,t.tm_year+1900);
return String(b);
}
String getFormattedTime(){
struct tm t; if(!getLocalTime(&t)) return "NO_HORA";
char b[6]; snprintf(b,sizeof(b),"%02d:%02d",t.tm_hour,t.tm_min);
return String(b);}
```

```
String getFormattedTimestamp(){
struct tm t; if(!getLocalTime(&t)) return "NO_TIME";
char b[20];
snprintf(b,sizeof(b),"%04d%02d%02d_%02d%02d%02d",t.tm_year+1900,t.tm_mon+1,t.tm_mday,t.tm_hou
r,t.tm_min,t.tm_sec);
return String(b);}
// ---------- TFT (pantalla) ----------
// Dibuja elementos base de interfaz
void initializeDisplay(){
tft.setTextColor(TFT_WHITE, TFT_BLACK);
tft.drawCentreString("CEPRE UNA", 80, 78, 4);
tft.drawRoundRect(10,25,140,45,7, TFT_WHITE);
}
// Muestra fecha (parte superior)
void displayDate(){
tft.setTextColor(TFT_YELLOW, TFT_BLACK);
tft.setCursor(4, 2, 2);
tft.print(getFormattedDate());}
// Muestra hora (grande); guarda cache para evitar redibujos innecesarios
void displayTime(){
getLocalTime(&timeinfo);
tft.setTextColor(TFT_ELECTRONIC_CYAN);
char b[3];
sprintf(b,"%02d",timeinfo.tm_hour);
tft.drawString(b, 20, 28, 6);
int minX = 20 + tft.textWidth("00:",6);
sprintf(b,"%02d",timeinfo.tm_min);
tft.drawString(b, minX, 28, 6);
last_hh=timeinfo.tm_hour; last_mm=timeinfo.tm_min;
}
// Línea inferior de mensajes al usuario (borra y escribe centrado)
void actualizarLineaInferiorPantalla(String msg){
const int font_size=2;
const int font_height = tft.fontHeight(font_size);
if (msg == textoActualLineaInferior) return;
tft.fillRect(0, LINEA_INFERIOR_Y_POS, tft.width(), font_height+6, TFT_BLACK);
tft.setTextColor(TFT_WHITE, TFT_BLACK);
tft.drawCentreString(msg, tft.width()/2, LINEA_INFERIOR_Y_POS, font_size);
textoActualLineaInferior = msg;
}
// Refresca reloj (minuto a minuto), parpadeo de :, y actualiza íconos WiFi/batería
void updateDisplayElements(){
unsigned long now=millis();
getLocalTime(&timeinfo);
if (timeinfo.tm_hour!=last_hh || timeinfo.tm_min!=last_mm){
int y=29, h=40;
tft.fillRect(20, y, tft.textWidth("00",6), h, TFT_BLACK);
int minX=20 + tft.textWidth("00:",6);
tft.fillRect(minX, y, tft.textWidth("00",6), h, TFT_BLACK);
displayTime();
displayDate();
}
if (now-lastColonBlink>=INTERVALO_PARPADEO_COLON){
lastColonBlink=now; colonVisible=!colonVisible;
int cx=20 + tft.textWidth("00",6);
if (colonVisible){ tft.setTextColor(TFT_ELECTRONIC_CYAN); tft.drawChar(':', cx, 28, 6); }
else { tft.fillRect(cx, 28, 15, 40, TFT_BLACK); }
}
if (now-lastSignalUpdateTime>=INTERVALO_ACTUALIZACION_ICONOS){ lastSignalUpdateTime=now;
updateWiFiIconSignal(); }
if (now-lastBatteryUpdateTime>=INTERVALO_ACTUALIZACION_ICONOS){ lastBatteryUpdateTime=now;
drawBatteryIcon(90,6); }
}
// ---------- WiFi icon ----------
// Niveles discretos según RSSI
int getSignalStrengthLevel(){
long rssi=WiFi.RSSI();
if (rssi>=-60) return 3;
else if (rssi>=-75) return 2;
else if (rssi>=-90) return 1;
return 0;
```

```
}
// Dibuja arco de cobertura (utilidad para el ícono)
void drawArc(int x,int y,int r1,int r2,int a0,int a1,uint16_t color){
float sx,sy,ex,ey;
float s=a0*DEG_TO_RAD, e=a1*DEG_TO_RAD;
for(float ang=s; ang<e; ang+=0.05){
sx=cos(ang)*r1 + x; sy=sin(ang)*r1 + y;
ex=cos(ang)*r2 + x; ey=sin(ang)*r2 + y;
tft.drawLine(sx,sy,ex,ey,color);}}
// Ícono de WiFi con "puntos/arcos" según nivel
void drawWiFiSignal(int x,int y,int baseRadius,int signalStrength){
int clearX=x-baseRadius-10, clearY=y-baseRadius-10, clearW=baseRadius*6, clearH=baseRadius*6;
if (clearY<0) clearY=0; if (clearX<0) clearX=0;
tft.fillRect(clearX,clearY,clearW,clearH,TFT_BLACK);
tft.fillCircle(x,y,baseRadius, signalStrength>0?TFT_WHITE:TFT_RED);
uint16_t cStrong=TFT_GREEN, cMed=TFT_ORANGE, cWeak=TFT_RED, cOff=TFT_DARKGREY;
for(int i=1;i<=3;i++){
int inner=baseRadius*(2+(i-1)*2), outer=inner+1;
uint16_t col=cOff;
if (signalStrength>=i){ col=(i==1?cWeak:(i==2?cMed:cStrong)); }
drawArc(x,y,inner,outer,225,315,col);
}
}
// Actualiza ícono si cambia el nivel
void updateWiFiIconSignal(){
static int last=-1; int lvl=getSignalStrengthLevel();
if (lvl!=last){ last=lvl; drawWiFiSignal(149,14,2,lvl); }
}
// ---------- Batería ----------
// Lee promedio de ADC y convierte a voltaje (considerando divisor y factor de corrección)
float readAverageVoltage(int samples){
long sum=0; for(int i=0;i<samples;i++){ sum+=analogRead(BATTERY_PIN); delay(1);}
return (sum/(float)samples)*(3.3/4095.0)*2.0*FACTOR_CORRECCION;
}
// Convierte voltaje a % estimado (curva lineal simple 3.5V..4.2V)
int getBatteryLevel(float v){ float mn=3.5, mx=4.2; float pct=(v-mn)/(mx-mn)*100.0; if(pct<0)pct=0;
if(pct>100)pct=100; return (int)pct; }
// Dibuja icono de batería con relleno proporcional
void drawBatteryIcon(int x,int y){
static int last=-1; float v=readAverageVoltage(10); int lvl=getBatteryLevel(v);
if (lvl==last) return; last=lvl;
int W=20,H=10,cap=2;
tft.fillRect(x,y,W+cap+2,H+2,TFT_BLACK);
uint16_t fill=TFT_GREEN; if(lvl<20) fill=TFT_RED; else if(lvl<50) fill=TFT_YELLOW;
tft.drawRect(x,y,W,H,TFT_WHITE);
tft.fillRect(x+W, y+H/3, cap, H/3, TFT_WHITE);
int pad=2; int fw=map(lvl,0,100,0,W-2*pad);
tft.fillRect(x+pad,y+pad,fw,H-2*pad,fill);
}
// ---------- Portal WiFiManager (NO borra credenciales) ----------
// Abre un AP "ASISTENCIA_ESP32_SETUP" y servidor web 192.168.4.1 para configurar WiFi
void iniciarPortalWiFiManager() {
// Pantalla de ayuda al usuario
tft.fillScreen(TFT_BLACK);
tft.setTextColor(TFT_YELLOW, TFT_BLACK);
tft.drawCentreString("WiFi SETUP", tft.width() / 2, 30, 4);
tft.setTextColor(TFT_WHITE, TFT_BLACK);
tft.drawCentreString("Conectate al AP:", tft.width() / 2, 60, 2);
tft.drawCentreString("ASISTENCIA_ESP32_SETUP", tft.width() / 2, 78, 2);
tft.drawCentreString("Luego abre 192.168.4.1", tft.width() / 2, 96, 2);
wifiManager.setConfigPortalTimeout(300); // Cierre automático a los 5 min
bool ok = wifiManager.startConfigPortal("ASISTENCIA_ESP32_SETUP", NULL);
if (ok) {
Serial.println("[WiFiManager] Nuevas credenciales guardadas. Reiniciando...");
} else {
Serial.println("[WiFiManager] Portal cerrado/timeout. Reiniciando...");
}
delay(600);
ESP.restart(); // Tras reinicio, autoConnect() usará credenciales almacenadas en NVS
}
// ====== FIN ======
```

Anexo 3: Solicitud de Aplicación de encuesta a la I.E.P. OPPENHEIMER

Juliaca, 01 de julio del 2025.

Asunto: Solicitud para Aplicación de Encuesta de Tesis sobre Control de Asistencia Escolar.

Señor

Edwin Genrry Lope Aguilar

Director de la I.E.P. OPPENHEIMER

Presente.

Me dirijo a usted en esta oportunidad para solicitar su valiosa colaboración y permiso para llevar a cabo una breve encuesta dirigida a usted, como parte fundamental de la investigación y desarrollo de la tesis de grado del Bach. Adderlee Vilca Mamani, estudiante de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez.

Justificación y Objetivos de las Pruebas

El objetivo principal de esta encuesta es recopilar su valiosa perspectiva y conocimientos sobre la gestión de la asistencia escolar y la potencial adopción de sistemas automatizados. Específicamente, buscamos:

- **Comprender los métodos actuales** de control de asistencia en instituciones educativas.
- **Identificar las necesidades y desafíos** existentes en la gestión de la asistencia.
- **Evaluar la percepción sobre la utilidad y viabilidad** de implementar soluciones tecnológicas para este fin.

Beneficios para la Institución y compromiso

Aunque esta solicitud se centra en la recopilación de datos, su participación es un **aporte directo a la investigación educativa**, contribuyendo al desarrollo de soluciones que podrían beneficiar a la comunidad escolar en el futuro.

Nos comprometemos a garantizar la seguridad y privacidad de todas sus respuestas, las cuales serán utilizadas exclusivamente para fines académicos y de investigación, con total confidencialidad. La encuesta está diseñada para ser completada en un tiempo

estimado de no más de 5 a 10 minutos, buscando minimizar cualquier interrupción a sus actividades diarias.

Agradezco de antemano su tiempo y consideración de nuestra solicitud. Estamos a su entera disposición para cualquier reunión o aclaración que considere necesaria.

Atentamente,

Adderlee Vilca Mamani
DNI: 46241555

I.E.P. OPPENHEIMER
DIRECCIÓN
Jhon Henry Lope Aguilar
DIRECTOR

Anexo 4: Solicitud de Aplicación de encuesta a la I.E.P.

Colegio LÍDER

Juliaca,09 de julio del 2025.

Asunto: Solicitud para Encuesta de Tesis sobre Control de Asistencia Escolar.

Estimado: Sr. Director. de la I.E.P Colegio LIDER

Me dirijo a usted en esta oportunidad para solicitar su valiosa colaboración y permiso para llevar a cabo una breve encuesta dirigida a usted, como parte fundamental de la investigación y desarrollo de la tesis de grado del Bachiller ing. Electronica y telecomunicaciones Adderlee Vilca Mamani, estudiante de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez

Justificación y Objetivos de las Pruebas

El objetivo principal de esta encuesta es **recopilar su valiosa perspectiva y conocimientos** sobre la gestión de la asistencia escolar y la potencial adopción de sistemas automatizados. Específicamente, buscamos:

- **Comprender los métodos actuales** de control de asistencia **en instituciones** educativas.
- **Identificar las necesidades y desafíos** existentes **en** la gestión de la asistencia.
- **Evaluar la percepción sobre la utilidad y viabilidad** de implementar soluciones tecnológicas para este fin.

Beneficios para la Institución y compromiso

Aunque esta solicitud se centra en la recopilación de datos, su **participación es un aporte directo a la investigación educativa**, contribuyendo **al** desarrollo de soluciones que podrían beneficiar **a la comunidad escolar en el futuro.**

Nos comprometemos a garantizar la seguridad y privacidad de todas sus respuestas, las cuales serán utilizadas exclusivamente para fines académicos y de investigación, con total confidencialidad. La encuesta está diseñada para ser completada en un tiempo estimado de **no más de 5 a 10 minutos,** buscando minimizar cualquier interrupción a sus actividades diarias.

Agradezco de antemano su tiempo y consideración de nuestra solicitud. Estamos a su entera disposición para cualquier reunión o aclaración que considere necesaria.

Atentamente,

Adderlee vilca mamani
DNI: 46241555



Anexo 5: Solicitud de Aplicación de encuesta a la I.E.P.

Colegio Pentágono Internacional School

Juliaca, 23 de junio del 2025.

Asunto: Solicitud para Encuesta de Tesis sobre Control de Asistencia Escolar.

Estimado: Sr. Dir. de la I.E.P Colegio Pentágono internacional School

Me dirijo a usted en esta oportunidad para solicitar su valiosa colaboración y permiso para llevar a cabo una breve encuesta dirigida a usted, como parte fundamental de la investigación y desarrollo de la tesis de grado del Bach. Adderlee Vilca Mamani, estudiante de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez

Justificación y Objetivos de las Pruebas

El objetivo principal de esta encuesta es **recopilar su valiosa perspectiva y conocimientos** sobre la gestión de la asistencia escolar y la potencial adopción de sistemas automatizados. Específicamente, buscamos:

- **Comprender los métodos actuales** de control de asistencia en instituciones educativas.
- **Identificar las necesidades y desafíos** existentes en la gestión de la asistencia.
- **Evaluar la percepción sobre la utilidad y viabilidad** de implementar soluciones tecnológicas para este fin.

Beneficios para la Institución y compromiso

Aunque esta solicitud se centra en la recopilación de datos, su participación es un **aporte directo a la investigación educativa**, contribuyendo al desarrollo de soluciones que podrían beneficiar a la comunidad escolar en el futuro.

Nos comprometemos a garantizar la seguridad y privacidad de todas sus respuestas, las cuales serán utilizadas exclusivamente para fines académicos y de investigación, con total confidencialidad. La encuesta está diseñada para ser completada en un tiempo estimado de **no más de 5 a 10 minutos**, buscando minimizar cualquier interrupción a sus actividades diarias.

Agradezco de antemano su tiempo y consideración de nuestra solicitud. Estamos a su entera disposición para cualquier reunión o aclaración que considere necesaria.

Atentamente,

INTERNACIONAL SCHOOL
MIGUEL
PCIÓN
06 2025
FIRMA

Bach. Adderlee Vilca Mamani
DNI: 46241555

Anexo 6: Solicitud de Instalación del prototipo en la I.E.P. Colegio Pentágono Internacional School

Juliaca, 29 de julio del 2025.

Asunto: Solicitud de Autorización para Instalar Prototipo con Fines de Validación de Proyecto de Tesis

Señor

Edwin Genrry Lope Aguilar

Director de la I.E.P. OPPENHEIMER

Presente.

Me dirijo a usted con un cordial saludo. Mi nombre es **Adderlee Vilca Mamani**, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez. Actualmente, me encuentro en la fase final de mi tesis para optar por el título profesional de **Ingeniero Electrónico y de Telecomunicaciones.**

El proyecto de tesis que he desarrollado se titula:

"Diseño y Desarrollo de un Sistema Embebido para el Control de Asistencia Escolar en Instituciones Privadas". El objetivo principal de esta investigación es implementar un sistema que automatice el registro de asistencia mediante tecnología RFID y notifique en tiempo real a los padres de familia a través de un bot de Telegram, con el fin de mejorar la precisión, eficiencia y seguridad en la gestión escolar. En este contexto, solicito formalmente su autorización para llevar a cabo la prueba piloto y la fase de validación de mi prototipo en su prestigiosa institución. Esta fase está programada para ejecutarse por un periodo de un mes, comenzando el de junio y finalizando el 4 de agosto del 2025. Adicionalmente, y sujeto a su apreciación sobre la utilidad y rendimiento del sistema, el prototipo podría permanecer en funcionamiento en la institución, hasta la culminación del presente año escolar.

Es importante destacar los siguientes puntos:

- La implementación y las pruebas **no interferirán con el desarrollo normal de las actividades académicas.**
- Toda la información recolectada será tratada con **estricta confidencialidad** y utilizada exclusivamente para los fines académicos de esta investigación, respetando siempre la privacidad de los estudiantes y sus familias.

- La Instalación y correcciones si los hubiera del prototipo **no representará ningún** costo para la institución.
- Una vez culminada la validación del prototipo, se procederá con la recolección del dispositivo. Si este no presenta daños, no se generará inconveniente alguno. En caso contrario, la institución asumirá la responsabilidad correspondiente por los daños ocasionados.

Esta investigación no solo busca cumplir con un requisito para mi titulación, sino también aportar una solución tecnológica funcional que podría beneficiar directamente a su comunidad educativa. Estoy a su entera disposición para presentar el prototipo y resolver cualquier duda que pueda tener al respecto.

Agradeciendo de antemano su atención y valioso tiempo, y en espera de una respuesta favorable, me despido de usted.

Atentamente,

Adderlee Vilca Mamani
DNI: 46241555

I.E.P. OPPENHEIMER
Lic. Edgar Lopo Aguilar
DIRECTOR

Anexo 7: Encuestas que se realizaron a los colegios

Encuesta sobre el Sistema de Control de Asistencia Escolar Automático

1. ¿Qué método utiliza actualmente su institución para llevar el control de asistencia de los estudiantes?

[ ] Manual (ej. listas impresas, registro en cuadernos)

[ ] Automático (ej. sistema digital con huella, tarjetas, software específico)

[ ] Mixto (combina métodos manuales y automáticos)

[ ] Mediante aplicaciones de mensajería (ej. WhatsApp, Telegram)

2. ¿Es esta la primera vez que ve un dispositivo de control de asistencia automático como el que proponemos?

[ ] Sí [ ] No

3. Independientemente de si ha tenido contacto previo con dispositivos similares, ¿qué tan importante es para su institución la adopción de nuevas tecnologías para optimizar tareas administrativas como el control de asistencia?

[ ] Es extremadamente importante, buscamos activamente soluciones tecnológicas.

[ ] Es muy importante, consideramos la tecnología una herramienta valiosa.

[ ] Es moderadamente importante, la evaluamos caso por caso.

[ ] No es una prioridad principal en este momento.

4. ¿Considera que un sistema automático de control de asistencia podría mejorar significativamente la gestión del tiempo y la precisión de los registros en su institución?

[ ] Sí, definitivamente [ ] Podría ser útil [ ] No estoy seguro

[ ] No, no lo considero necesario

5. ¿Qué aspecto cree que sería el más beneficioso de implementar un sistema de control de asistencia automático en su colegio?

[ ] Reducción de errores humanos

[ ] Ahorro de tiempo para el personal

[ ] Generación de informes más rápidos y precisos

[ ] Mejor control del ausentismo estudiantil

[ ] Otro (Por favor, especifique brevemente)

6. Nuestro prototipo de control de asistencia automático incluye una característica de mensajería instantánea vía Telegram para notificaciones. ¿Considera que esta funcionalidad representa una innovación significativa o un valor añadido en la comunicación de asistencia en comparación con los métodos que usa actualmente?

[ ] Sí, lo considero una innovación significativa.

[ ] Sí, lo veo como un valor añadido útil.

[ ] Podría ser útil, pero no una característica decisiva.

[ ] No lo considero una innovación o un valor añadido importante.

7. Considerando que los estudiantes solo usarán tarjetas RFID para el registro, y que el personal administrativo gestionará el sistema y los padres recibirán las notificaciones, ¿qué tan crucial es que el proceso de registro y el acceso a la información sea intuitivo, rápido y no genere demoras para cada uno de estos grupos?

[ ] Absolutamente crucial: La facilidad y rapidez de uso es clave para todos (estudiantes, personal administrativo y padres).

[ ] Muy importante: Es fundamental que sea eficiente, especialmente para el personal y los padres.

[ ] Importante: Se podría adaptar, pero la facilidad de uso siempre es valorada.

8. Independientemente de si ha tenido contacto previo con dispositivos similares, ¿qué tan importante es para su institución la adopción de nuevas tecnologías para optimizar tareas administrativas como el control de asistencia?

[ ] Es extremadamente importante, buscamos activamente soluciones tecnológicas.

[ ] Es muy importante, consideramos la tecnología una herramienta valiosa.

[ ] Es moderadamente importante, la evaluamos caso por caso.

[ ] No es una prioridad principal en este momento.

9. El sistema permite registrar datos de asistencia en tiempo real (al instante). ¿Qué tan importante es para la gestión de su institución poder acceder a reportes detallados y análisis estadísticos de la asistencia de los estudiantes generados automáticamente por el dispositivo?

[ ] Extremadamente importante, vital para la toma de decisiones y el seguimiento académico.

[ ] Muy importante, facilitaría enormemente la gestión administrativa.

[ ] Moderadamente importante, es un extra útil, pero no indispensable.

[ ] No es una prioridad principal, preferimos otros métodos de control.

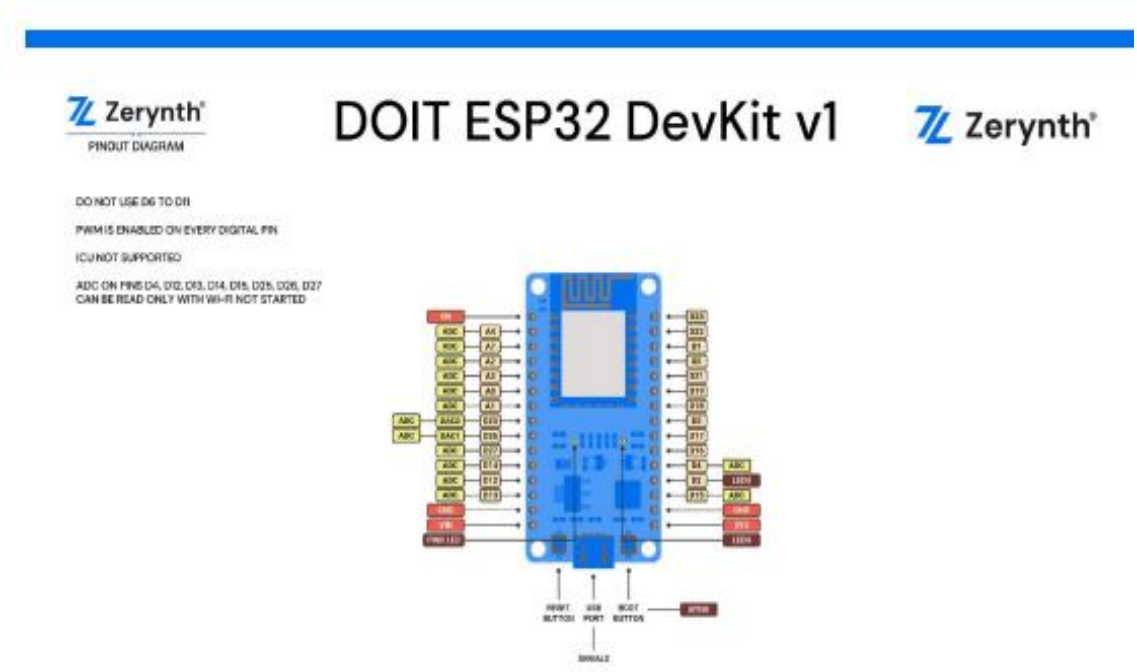
10. Pensando en futuras versiones y las necesidades específicas de su institución, ¿hay alguna otra funcionalidad o característica que le gustaría ver incorporada en un dispositivo de control de asistencia automático? Por ejemplo, ¿consideraría útil opciones de registro como códigos QR, o quizás prefiere otros métodos o herramientas para mejorar su eficiencia?

[ ] Sí, me gustaría que tuviera

[ ] No, con las funcionalidades mencionadas el dispositivo sería suficiente.

[ ] No estoy seguro/a en este momento.

Anexo 8: Datasheet del ESP32



More info about DOIT Esp32 DevKit v1 can be found here.

Flash Layout

The internal flash of the ESP32 module is organized in a single flash area with pages of 4096 bytes each. The flash starts at address 0x00000, but many areas are reserved for Esp32 IDF SDK and Zerynth VM. There exist two different layouts based on the presence of BLE support.

In particular, for non-BLE VMs:

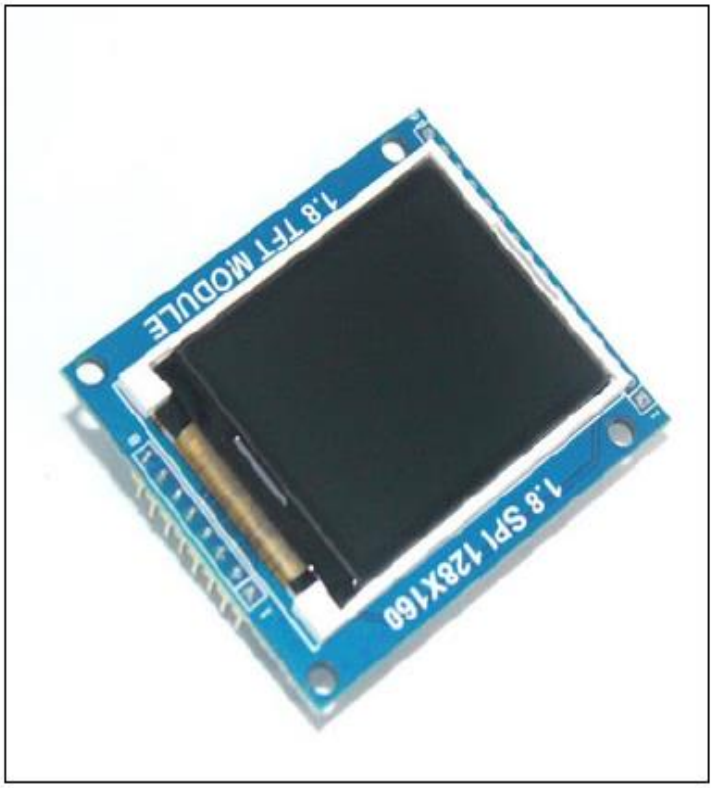
Start address	Size	Content
0x00009000	16Kb	Esp32 NVS area
0x0000D000	8Kb	Esp32 OTA data
0x0000F000	4Kb	Esp32 PHY data
0x00010000	1Mb	Zerynth VM
0x00110000	1Mb	Zerynth VM (FOTA)
0x00210000	512Kb	Zerynth Bytecode
0x00290000	512Kb	Zerynth Bytecode (FOTA)
0x00310000	512Kb	Free for user storage
0x00390000	448Kb	Reserved

Anexo 9: 128x160 Color TFT LCD

1.8" Serial SPI 128x160 Color TFT LCD Module Display

TFT LCD Screens (Thin-film-transistor liquid crystal display) are great graphical displays to display information. They are a variant of a liquid crystal display (LCD) which uses TFT technology to improve image qualities such as addressability and contrast. They are used often in video games, smart phones, cell phones, and sometimes even TV's. Now, with the technology and accessibility today, you can use one with your Arduino!

Features



- Size: 1.8 inch
- Dot Matrix: 128*160
- Size: 54mm(length)*34mm(width)
- Input Voltage: 5V/3.3V
- Driver IC: S6D02A1 / ST7735
- Pin Definition: 1-RST 2-CE 3-D/C 4-DIN 5-CLK 6-UCC 7-BL 8-GND
- It has PCB backplane with power IC, SD card socket
- It need 4 IO port at least to drive.

Hardware Setup



Pinouts of the TFT are shown in the picture above. Connect the TFT pin to Arduino as shown in the table below. also connect 1KΩ resistors to all the data lines of TFT pins 1 , 2, 3, 4, 5. I have also connected a 100 Ω resistor between pin 7. BL and +5V.

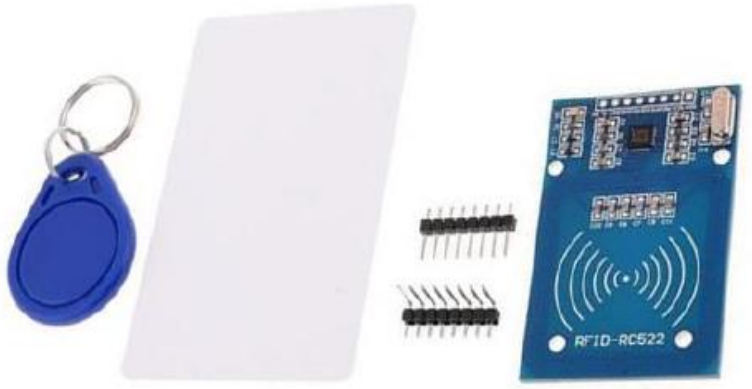
TFT		UNO
5. Clk	>1KΩ>	13
4. DIN	>1KΩ>	11
3. D/C	>1KΩ>	9
2. CE	>1KΩ>	10
1. RST	>1KΩ>	8
6. VCC		+5V
7. BL	>100Ω>	+5V
8. GND		GND

The full setup is shown in picture below.

Anexo 10: Datasheet RC522 RFID Development Kit

RC522 RFID Development Kit

This RC522 RFID Development kit is based on NXP's a highly integrated reader/writer IC MFRC522 for contactless communication at 13.56 MHz. The MFRC522 reader supports ISO/IEC 14443 A/MIFARE and NTAG. The MFRC522's internal transmitter is able to drive a reader/ writer antenna designed to communicate with ISO/IEC 14443A cards and transponders without additional active circuitry. The receiver module provides a robust and efficient implementation for demodulating and decoding signals from ISO/IEC 14443A compatible cards and transponders.

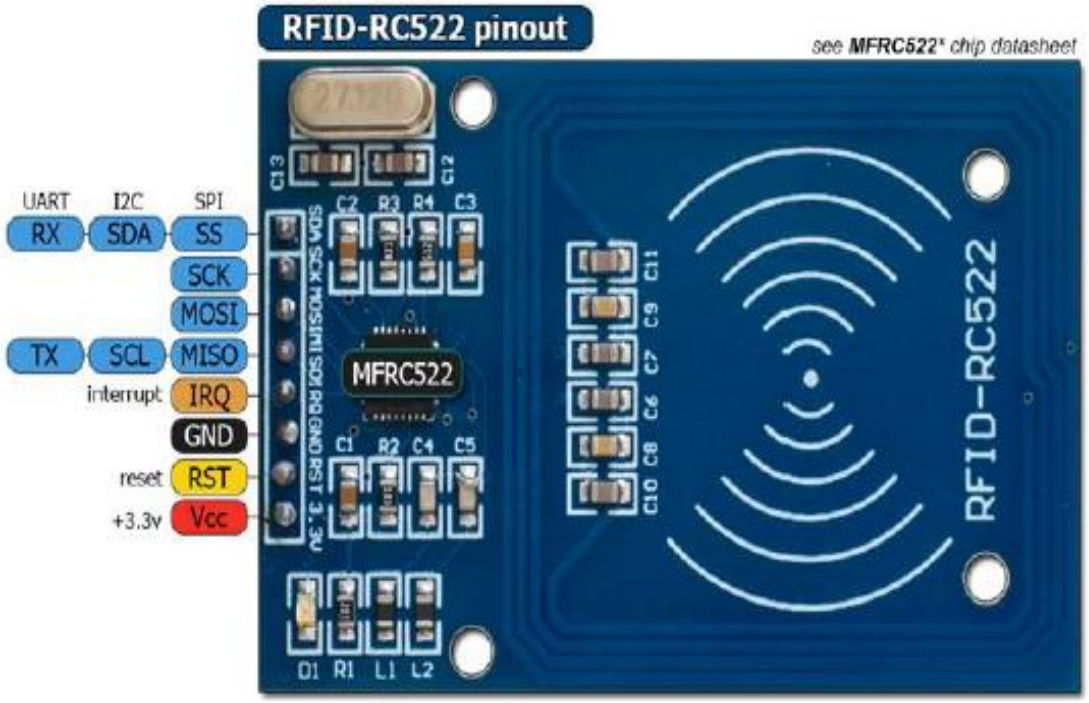


SKU: MDU1040

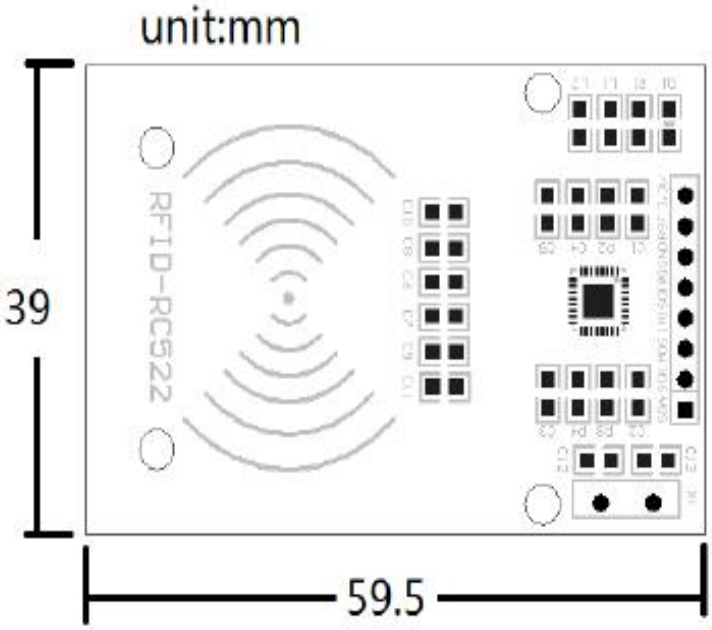
Brief Data:

- Operating Voltage: 2.5V~3.3V.
- Operating/Standby current: 13~26mA/10~13mA.
- Operating Frequency: 13.56MHz.
- Supports ISO/IEC 14443A higher transfer speed communication up to 848 KBd.
- SPI bus speed up to 10Mbit/s.
- I2C-bus interface up to 400 kBd in Fast mode, up to 3400 kBd in High-speed mode.
- RS232 Serial UART up to 1228.8 kBd, with voltage levels dependant on pin voltage supply.
- Compatible with MIFARE and ISO 14443A cards.
- Typical operating distance in Read/Write mode up to 50 mm depending on the antenna size and tuning.

Interface Pins Function:



Mechanical Dimension:



P.S: This module does not support RFID cards which operate at 125KHz frequency range. It supports only the cards which operate at 13.56MHz frequency range.

Anexo 11: Datasheet de Micro SD Card

Micro SD Card Module for Arduino



The module (Micro-SD Card Adapter) is a Micro SD card reader module, and the SPI interface via the file system driver, microcontroller system to complete the Micro-SD card read and write files. Arduino users can directly use the Arduino IDE comes with an SD card to complete the library card initialization and read-write.

Features:

- Supports micro SD card (<=2G), micro SDHC card (<=32G) (high-speed card)
- Level conversion circuit board that can interface level is 5V or 3.3V
- Power supply is 4.5V ~ 5.5V, 3.3V voltage regulator circuit board
- Communication interface is a standard SPI interface
- 4 M2 screw positioning holes for easy installation
- Size: 4.1 x 2.4cm

Control Interface:

A total of six pins (GND, VCC, MISO, MOSI, SCK, CS), GND to ground, VCC is the power supply, MISO, MOSI, SCK is the SPI bus, CS is the chip select signal pin.

3.3V regulator circuit:

LDO regulator output 3.3V as level converter chip, Micro SD card supply.

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

ANEXO 1
FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN

AUTORIZACIÓN PARA LA INCORPORACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL UANCV

Formato digital [X] Fecha de entrega: 24 /04/2026

1. Datos del autor (es):

Nombres y Apellidos: ADDERLEE VILCA MAMANI
Dirección: Jr. Bellavista 640 Urb. Amp. Independencia
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°: 46241555
Teléfono: 910608091 email: aderlevilcaoz@gmail.com
Nombres y Apellidos:
Dirección:
DNI/Carné de Extranjería/Pasaporte N°:
Teléfono: email:
Facultad y/o Escuela de Posgrado: INGENIERÍAS Y CIENCIAS PURAS
Escuela Profesional o Mención: INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
Título o Grado Académico a optar: INGENIERO ELECTRÓNICO Y DE TELECOMUNICACIONES
Asesor: Ing. ADWAR RANULFO SANCHEZ CARREON
Esta obra se encuentra dentro de las siguientes denominaciones:

Trabajo de Investigación [ ] Tesis [X] Trabajo de Suficiencia Profesional [ ] Trabajo Académico [ ]

Título: DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SISTEMA EMBEBIDO PARA EL CONTROL DE ASISTENCIA ESCOLAR EN INSTITUCIONES PRIVADAS

Palabras claves, (3 a 5 términos): Control de asistencia escolar, sistema embebido, RFID, ESP32, notificaciones en tiempo real, IoT, comunicación educativa, automatización educativa

¿Esta obra se desarrolló en la UANCV [1, 2]?

2

[1] Indicar si su producción intelectual ha empleado recursos tales como, instalaciones, laboratorios, insumos, equipos, bases de datos, asesoría técnica por parte del personal de la UANCV, financiamiento, entré otros relacionados.
[2] Si su producción intelectual se desarrolló en la UANCV totalmente o parcialmente, deberá autorizar el depósito en el Repositorio de manera obligatoria.

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

2. Referencia de tesis:

[ ] Bachiller [X] Titulo [ ] 2da Especialidad [ ] Maestría [ ] Doctorado

3. Licencias:

a) Licencia estándar:

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi tesis en el Repositorio Digital de la UANCV.

Con la autorización de depósito de mi producción Intelectual, otorgo a la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" una licencia no exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi producción intelectual (incluido el resumen), en formato físico o digital, en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Digital de tesis UANCV, colección de producción intelectual, entre otros, en el Perú y en el extranjero por el tiempo y veces que considere necesarias, y libres de remuneraciones.

En virtud de dicha licencia, la Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" podrá reproducir mi producción intelectual en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que la producción intelectual es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicha producción intelectual no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Andina "Néstor Cáceres Velásquez" consignará el nombre del y/o los autor(es) de la producción intelectual, y no le hará ninguna modificación más que la permitida en la licencia.

Autorizo su publicación (marque con una X)

[X] Sí, autorizo que se deposite inmediatamente.

[ ] Sí, autorizo que se deposite a partir de la fecha (d/m/a):_____

[ ] No autorizo.

b) Licencia CREATIVE COMMONS 4.0 INTERNACIONAL:

Si usted concede una licencia CREATIVE COMMONS sobre su producción intelectual, mantiene la titularidad de los derechos de autor de esta y, a la vez, permite que otras personas puedan reproducirla, comunicarla al público y distribuir ejemplares de esta, bajo las condiciones siguientes:

¿Quiere permitir usos comérciales de su producción intelectual?

Sí: significa que usted permite la reproducción, distribución y comunicación pública de la producción intelectual incluso con fines comerciales.

No: significa que usted permite la reproducción, y comunicación pública de la producción intelectual, pero sin fines comerciales.

[ ] Sí autorizo

[X] No autorizo

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/

TESIS UANCV
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN
"OFICINA DE INVESTIGACIÓN"

Jurisdicción de su Licencia

Todas las licencias CREATIVE COMMONS son de ámbito mundial, sin embargo, usted puede elegir entre la opción "internacional" o una adaptada a su jurisdicción, como para el caso peruano.

La opción "internacional" emplea el lenguaje y la terminología de los tratados internacionales; en cambio, la adaptada a su jurisdicción, recoge las particularidades de la legislación peruana.

En consecuencia, **la opción "internacional" goza de una mayor eficacia a nivel mundial, gracias a que tiene jurisdicción neutral.** Mientras que la opción adaptada a la jurisdicción del Perú goza de una mayor eficacia ante los tribunales peruanos.

☐ Internacional

☒ Nacional

Línea de investigación: TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA – P19

		24 - ABRIL - 2026
Firma de Autor	huella digital	Fecha

OFICINA DE INVESTIGACIÓN
Tesis Publicada con autorización del autor
http://repositorio.uancv.edu.pe/