

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
BACHILLERATO EN LA CARRERA DE
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**DESARROLLO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO
AUTOMATIZADO MOVIL DE DISPENSADO Y
CONTROL DE USO EN TIEMPO REAL PARA
EQUIPOS TERMINALES DE TELEVISIÓN
UTILIZADO PARA LA ENTREGA DE LOS
SERVICIOS DE VIDEO EN EL INSTITUTO
COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD EN SAN
JOSE, II SEMESTRE 2024**

Sustentante:

Alexandra Caravaca Picado

Tutor:

Ing. José Alejandro Rojas López

Setiembre, 2025

DECLARACIÓN JURADA

DECLARACION JURADA

Yo Alexandra Caravaca Picado, mayor de edad, portadora de la cédula de identidad 603560016, egresada de la carrera de Ingeniería en Electrónica de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de este acto y debidamente apercibida y entendida de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de graduación para optar por el título de Bachillerato en Ingeniería Electrónica, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: DESARROLLO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO AUTOMATIZADO MOVIL DE DISPENSADO Y CONTROL DE USO EN TIEMPO REAL PARA EQUIPOS TERMINALES DE TELEVISIÓN UTILIZADO PARA LA ENTREGA DE LOS SERVICIOS DE VIDEO EN EL INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD EN SAN JOSE, II SEMESTRE 2024, es una obra original que ha respectado todo lo preceptuado por las leyes penales, así como la Ley de Derechos de Autor y Derechos Conexos, número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982, incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte el artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que estos no sean tantos y seguidos que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Así mismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público.

En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José a los 15 días del mes de octubre del año dos mil veinticinco.

ALEXANDRA

CARAVACA

PICADO (FIRMA)

Firmado digitalmente por
ALEXANDRA CARAVACA
PICADO (FIRMA)
Fecha: 2025.10.15 19:11:06
-06'00'

603560016

Firma del estudiante

Cédula

CARTA DE APROBACIÓN DE LA EMPRESA



San José, martes 30 de setiembre 2025

Señores:
Universidad Hispanoamericana
Presente

Asunto: Carta de aprobación y conformidad institucional del proyecto de tesis

Por medio de la presente, el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), por intermedio del proceso de Entrega y Aseguramiento de los Servicios Zona Metropolitana Este, hace constar que la señora Alexandra Caravaca Picado, estudiante de la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Hispanoamericana, desarrolló su proyecto de tesis titulado:

"Desarrollo de un sistema electrónico automatizado móvil de dispensado y control de uso en tiempo real para equipos terminales de televisión utilizado para la entrega de los servicios de video en el Instituto Costarricense de Electricidad en San José, II semestre 2024."

El proyecto fue ejecutado de manera satisfactoria, cumpliendo con los objetivos técnicos y funcionales propuestos. Durante su desarrollo, la estudiante demostró alto nivel de compromiso, capacidad técnica y responsabilidad profesional, logrando implementar un prototipo operativo que permite automatizar el proceso de dispensado, registro y control de equipos terminales (STB), mejorando la eficiencia, trazabilidad y control interno dentro de las operaciones relacionadas con los servicios de video del ICE.

Los resultados obtenidos fueron validados con éxito en las pruebas de funcionamiento realizadas en las instalaciones de la institución, evidenciando la viabilidad del sistema y su potencial aplicación para optimizar procesos logísticos y de atención técnica.

El ICE manifiesta su conformidad y satisfacción con el trabajo desarrollado, reconociendo que este proyecto contribuye positivamente al fortalecimiento de las iniciativas de automatización, innovación tecnológica y mejora continua promovidas por la empresa.

Durante la ejecución del proyecto, la estudiante contó con mi supervisión técnica y con el respaldo institucional de la Ing. Lacey Elizondo García, en su calidad de Jefatura Nivel 1, quienes certificamos el cumplimiento de los objetivos propuestos y la calidad del trabajo realizado.

Teléfonos (506) 2001-1696
RDelgadoR@ice.go.cr





2025-09-30
Página 2 de 2

El ICE reitera su compromiso con el fortalecimiento del vínculo universidad–empresa y con la promoción de proyectos académicos que contribuyan al desarrollo tecnológico del país.

En virtud de lo anterior, se extiende la presente carta de aprobación para los fines académicos y administrativos que la interesada estime convenientes.

Sin otro particular,

Atentamente,

Entrega y Aseguramiento del Servicio
Zona Metropolitana Este

Roberto Delgado Rivera
Coordinador

LEG/RDR

Teléfonos (506) 2001-1696
RDelgadoR@ice.go.cr



CERTIFICACIÓN DE TURNITIN



Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Alexandra Caravaca Picado
Título del ejercicio: Quick Submit
Título de la entrega: Tesis Alexandra Caravaca Picado
Nombre del archivo: Tesina_Alexandra_Caravaca_Picado.docx
Tamaño del archivo: 12.81M
Total páginas: 115
Total de palabras: 15,487
Total de caracteres: 84,082
Fecha de entrega: 06-ago-2025 09:31p. m. (UTC-0600)
Identificador de la entrega: 2726316391

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**TESIS PARA OPTAR EL GRADO DE
BACHILLERATO EN LA CARRERA DE
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**DESARROLLO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO
AUTOMATIZADO MÓVIL DE DISPENSADO Y
CONTROL DE USO EN TIEMPO REAL PARA
EQUIPOS TERMINALES DE TELEVISIÓN
UTILIZADO PARA LA ENTREGA DE LOS
SERVICIOS DE VIDEO EN EL INSTITUTO
COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD EN SAN
JOSE, II SEMESTRE 2024**

Sustentante:

Alexandra Caravaca Picado

Tutor:

Ing. José Alejandro Rojas López

Julio, 2025

CARTA DEL TUTOR



San José, 10 de setiembre del 2025

CARTA DEL TUTOR

Señores
Departamento de Registro
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

El estudiante **Alexandra Caravaca Picado**, cédula de identidad número **6-0356-0016**, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado **"Desarrollo de un sistema electrónico automatizado móvil de dispensado y control de uso en tiempo real para equipos terminales de televisión utilizado para la entrega de los servicios de video en el instituto costarricense de electricidad en san jose, ii semestre 2024."** el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

Tabla 1 Calificación del proyecto

#	Rubro	% Teórico	% Asignado
a	Original del tema.	10	8
b	Cumplimiento de entrega de avances de avances.	20	16
c	Coherencia entre los objetivos, los instrumentos aplicados y los resultados de la investigación.	30	28
d	Relevancia de las conclusiones y recomendaciones.	20	18
e	Calidad, detalle del marco teórico.	20	20
	Total:	100	90

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,

Ing. José Alejandro Rojas López
Cédula de identidad: 1 1079 0035
Carné Colegio Profesional: N° IEL-15888

CARTA DEL LECTOR



CARTA DEL LECTOR

San José, 14 de octubre del 2025

Señores
Departamento de Registro
Universidad Hispanoamericana

Estimados señores:

La estudiante Alexandra Caravaca Picado, cédula de identidad número 6-0356-0016, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación titulado *"DESARROLLO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO AUTOMATIZADO MOVIL DE DISPENSADO Y CONTROL DE USO EN TIEMPO REAL PARA EQUIPOS TERMINALES DE TELEVISIÓN UTILIZADO PARA LA ENTREGA DE LOS SERVICIOS DE VIDEO EN EL INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD EN SAN JOSE, II SEMESTRE 2024"*, el cual ha elaborado para obtener su grado de Bachillerato.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y análisis de datos, la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre éstos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

Atentamente,

JORGE
VILLALOBOS
CASCANTE (FIRMA)

Firmado digitalmente por
JORGE VILLALOBOS
CASCANTE (FIRMA)
Fecha: 2025.10.14 09:53:37
-06'00'

Ing. Jorge Villalobos Cascante, MSc.
Cédula de identidad: 1-1185-0467
Carné colegio profesional: IEL-22656

CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA LICENCIA TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT)
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA
REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA
DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION

San José, jueves 06 de noviembre de 2025

Señores:

Universidad Hispanoamericana
Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Alexandra Caravaca Picado con número de identificación 603560016 autor (a) del trabajo de graduación titulado DESARROLLO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO AUTOMATIZADO MÓVIL DE DISPENSADO Y CONTROL DE USO EN TIEMPO REAL PARA EQUIPOS TERMINALES DE TELEVISIÓN UTILIZADO PARA LA ENTREGA DE LOS SERVICIOS DE VIDEO EN EL INSTITUTO COSTARRICENSE DE ELECTRICIDAD EN SAN JOSE, II SEMESTRE 2024 presentado y aprobado en el año 2025 como requisito para optar por el título de BACHILLERATO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA. Sí autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que, con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,

ALEXANDRA
CARAVACA PICADO
(FIRMA)

Firmado digitalmente por
ALEXANDRA CARAVACA PICADO
(FIRMA)
Fecha: 2025.11.06 17:24:25 -06'00'

603560016

Firma y Documento de Identidad

**ANEXO 1 (Versión en línea dentro del Repositorio)
LICENCIA Y AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA PUBLICAR Y
PERMITIR LA CONSULTA Y USO**

Parte 1. Términos de la licencia general para publicación de obras en el repositorio institucional

Como titular del derecho de autor, confiero al Centro de Información Tecnológico (CENIT) una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

- a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, el autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito.
- b) Autoriza al Centro de Información Tecnológico (CENIT) a publicar la obra en digital, los usuarios puedan consultar el contenido de su Trabajo Final de Graduación en la página Web de la Biblioteca Digital de la Universidad Hispanoamericana
- c) Los autores aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.
- d) Los autores manifiestan que se trata de una obra original sobre la que tienen los derechos que autorizan y que son ellos quienes asumen total responsabilidad por el contenido de su obra ante el Centro de Información Tecnológico (CENIT) y ante terceros. En todo caso el Centro de Información Tecnológico (CENIT) se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.
- e) Autorizo al Centro de Información Tecnológica (CENIT) para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.
- f) Acepto que el Centro de Información Tecnológico (CENIT) pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.
- g) Autorizo que la obra sea puesta a disposición de la comunidad universitaria en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en las "Condiciones de uso de estricto cumplimiento" de los recursos publicados en Repositorio Institucional.

SI EL DOCUMENTO SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA O UNA ORGANIZACIÓN, CON EXCEPCIÓN DEL CENTRO DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICO (CENIT), EL AUTOR GARANTIZA QUE SE HA CUMPLIDO CON LOS DERECHOS Y OBLIGACIONES REQUERIDOS POR EL RESPECTIVO CONTRATO O ACUERDO.

INDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN JURADA	II
CARTA DE APROBACIÓN DE LA EMPRESA.....	III
CERTIFICACIÓN DE TURNITIN.....	V
CARTA DEL TUTOR.....	VI
CARTA DEL LECTOR.....	VII
CARTA DE AUTORIZACIÓN PARA LICENCIA TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN	VIII
INDICE DE CONTENIDOS	X
Índice de figuras.....	XIII
Índice de tablas	XIV
ABREVIATURAS.....	XV
DEDICATORIA.....	XVI
AGRADECIMIENTO.....	XVII
RESUMEN	XVIII
CAPÍTULO I	17
PROBLEMA DEL PROYECTO	17
1.1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION DEL PROYECTO.....	18
1.1.1 Antecedentes del contexto de la empresa.....	18
1.1.2 Justificación del problema	20
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	21
1.3 OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	24
1.3.1 Objetivo General.....	24
1.3.2 Objetivos Específicos.....	24
1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	25
1.4.1 Alcances.....	25
1.4.2 Limitaciones.....	26
CAPÍTULO II	28
MARCO TEORICO.....	28
2.1 MARCO CONCEPTUAL.....	29

2.1.1	Microprocesadores	29
2.1.2	Protocolo I ² C.....	32
2.1.3	Red de datos móviles.....	33
2.1.4	Motor eléctrico.....	34
2.1.6	Actuadores.....	34
2.1.7	Pantalla de cristal líquido.....	36
2.1.8	Teclado matricial.....	37
2.1.9	Fuente de alimentación.	37
2.1.10	Lector de código de barras	38
2.1.11	Base de datos.	39
CAPÍTULO III		41
MARCO METODOLÓGICO		41
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN	42
3.1.1	Finalidad de la Investigación.....	42
3.1.2	Método de Investigación.....	44
3.1.3	Dimensión Temporal	45
3.1.4	Marco de la Investigación.....	46
3.1.5	Naturaleza de la Investigación.....	46
3.1.6	Carácter de la Investigación.....	48
3.2	FUENTES DE INFORMACIÓN	49
3.2.1	Fuentes Primarias.....	49
3.2.2	Fuentes Secundarias	50
3.2.3	Sujetos de información.	50
3.3	TÉCNICAS Y HERRAMINETAS.....	50
3.3.1	Recopilación documental	51
3.3.2	Observación.....	51
3.3.3	Entrevista	52
3.3.4	Experimentación	52
3.3.5	Tecnológico	53
3.4	VARIABLES Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	53
3.4.1	Definición de variables.....	53
3.4.2	Diseño de investigación.....	55

3.5	IMPLEMENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	58
CAPÍTULO IV		59
DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL		59
4.1	DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL	60
4.2	RECOLECCIÓN DE DATOS	64
4.2.1	Recopilación de datos.....	64
4.2.2	Observación.	64
4.2.3	Entrevista	65
4.2.4	Tecnológico y Experimentación.....	66
4.3	PROPUESTA DEL PROYECTO.....	66
CAPÍTULO V		71
DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO.....		71
5.1	DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA	72
5.2	DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.....	73
5.2.1	Etapa de potencia.....	74
5.2.2	Etapa de control.....	75
5.2.3	Etapa de comunicación.	80
5.2.4	Arquitectura del software.....	81
5.3	IMPLEMENTACIÓN DEL DISPOSITIVO.....	87
5.4	CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO	97
5.5	ANÁLISIS DE COSTOS	99
CAPÍTULO VI		106
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		106
6.1	CONCLUSIONES.....	107
6.2	RECOMENDACIONES	108
BIBLIOGRAFÍA		111
ANEXO.....		113
	Lista de anexos	114

Índice de figuras

Figura 1. Diagrama de Ishikawa	22
Figura 2. Raspberry Pi 5	31
Figura 3 Celdas para red móvil	33
Figura 4 Motor DC.....	34
Figura 5 Actuadores DC.....	35
Figura 6 Pantalla de cristal líquido.....	36
Figura 7 Teclado matricial 4x4	37
Figura 8 Batería 12VDC	38
Figura 9 Lector de código de barras.....	39
Figura 10 Representación de una base de datos	40
Figura 11 Diagramas de líneas de tiempo.....	58
Figura 12 Sistema SAP	60
Figura 13 Pantalla de SIMO	61
Figura 14 Diagrama de flujo del proceso actual para solicitud	62
Figura 15 Diagrama de flujo del proceso actual de uso y actualización.....	63
Figura 16 Diagrama de bloques del prototipo propuesto	67
Figura 17 Diagrama de flujo del proceso propuesto para solicitud de equipos.....	69
Figura 18 Diagrama de flujo del proceso propuesto de uso y actualización.....	70
Figura 19 Conexiones del Raspberry Pi con LCD	76
Figura 20 Conexiones del Raspberry Pi con teclado matricial.....	77
Figura 21 Conexiones del Raspberry Pi con lectores de código de barras	78
Figura 22 Conexiones del Raspberry Pi con actuadores.....	79
Figura 23 Conexiones del Raspberry Pi con el motor DC	80
Figura 24 Inicialización de sistema.....	81
Figura 25 Solicitud usuario de sistema	82
Figura 26 Solicitud clave de acceso a sistema.....	82
Figura 27 Validación de acceso a sistema	83
Figura 28 Solicitud orden de trabajo.....	83
Figura 29 Validación número de orden de trabajo	84
Figura 30 Selección tipo de equipo	84
Figura 31 Solicitud de propiedad de equipo.....	85
Figura 32 Solicitud de serie anterior si es un cambio	85
Figura 33 Registro de equipo a entregar	86
Figura 34 Equipo entregado y fin de proceso	86
Figura 35 Archivo CSV	87
Figura 36 Carpeta actualizada en línea en Google Drive	87
Figura 37 Placa soldada de conexiones del Raspeberry Pi a los diferentes módulos.....	88
Figura 38 Sensor TCRT5000 con comparador LM393	89
Figura 39 Escáner para equipo retirado	90

Figura 40 Escáner para equipo a entregar	90
Figura 41 Actuador empujando equipo	91
Figura 42 Equipo en banda transportadora.....	92
Figura 43 Archivo CSV actualizado	93
Figura 44 Cable desde batería de 12V para alimentación.....	93
Figura 45 Instalación de dispensador en móvil ICE.....	94
Figura 46 Pruebas de funcionalidad del dispositivo.....	95
Figura 47 Conexión macro de los dispositivos implementados	96
Figura 48 Dispensador instalado en vehículo del ICE.....	96

Índice de tablas

Tabla 1 Especificaciones técnicas Raspberry Pi 5.....	31
Tabla 2. Variables de la investigación.....	54
Tabla 3. Diseño de la investigación	56
Tabla 4. Costos de materiales utilizados	99
Tabla 5. Costos de implementación	101
Tabla 6 Costo total de implementación del dispositivo.....	102
Tabla 7 Análisis de beneficio en costos.....	104

ABREVIATURAS

Ágil: Sistema de fuerza laboral actual del Instituto Costarricense de Electricidad.

CPU: Central Processing Unit (Unidad de Procesamiento Central).

CSV: Comma-Separated Values (Valores Separados por Comas).

GPIO: General Purpose Input/Output (Entrada/Salida de Propósito General).

HDMI: High Definition Multimedia Interface (Interfaz Multimedia de Alta Definición).

I²C: Inter-Integrated Circuit (Circuito Inter-Integrado).

ICE: Instituto Costarricense de Electricidad

LCD: Liquid Crystal Display (Pantalla de Cristal Líquido).

MIGO: Material Inward Goods Order (Entrada de mercancía basada en aviso de entrega)

SAP: Desarrollo de Programas de Sistemas de Análisis (siglas del nombre alemán original de la empresa: Systemanalyse Programmentwicklung).

SCL: Serial Clock (Reloj en Serie).

SDA: Serial Data (Datos en Serie).

SIMO: Sistema Integrado Mecanizado de Operaciones.

USB: Universal Serial Bus (Bus en Serie Universal).

Wi-Fi: Wireless Fidelity (Fidelidad Inalámbrica).

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía constante, fuente de fortaleza y sabiduría en cada paso de este camino. Gracias por iluminar mi mente, sostenerme en los momentos difíciles y permitirme alcanzar esta meta tan importante en mi vida.

A mi madre, por su amor incondicional, sacrificio y apoyo infinito. Por enseñarme el valor del esfuerzo, la perseverancia y la fe. Este logro es también tuyo, porque fuiste mi ejemplo y mi inspiración en todo momento.

A mi hijo, mi mayor motivación y razón de seguir adelante. Cada esfuerzo, desvelo y reto superado fueron por y para ti. Que este logro te recuerde siempre que con dedicación y fe todo es posible.

A mi hermana, por su apoyo, compañía y palabras de aliento en cada etapa de este proceso. Gracias por estar siempre presente con amor y comprensión.

Y a ti, por tu paciencia, amor y apoyo incondicional. Gracias por creer en mí, por acompañarme en los momentos de cansancio y celebrar conmigo cada pequeño avance. Tu presencia y comprensión fueron una parte esencial de este logro.

Con todo mi amor y gratitud, a ustedes dedico este triunfo, que representa no solo una meta cumplida, sino el fruto del amor, la fe y la perseverancia compartida.

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a la Universidad Hispanoamericana, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente y por el acompañamiento académico recibido durante mi carrera de Ingeniería Electrónica.

A la Escuela de Ingeniería Electrónica y a los profesores que compartieron sus conocimientos y experiencias, contribuyendo de manera significativa a mi desarrollo profesional y personal.

Mi especial agradecimiento al Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), por abrirme las puertas y permitir el desarrollo de este proyecto de tesis dentro de la Gerencia de Telecomunicaciones, el cual representó un reto técnico y profesional de gran valor.

A mis compañeros y colegas del ICE, por su colaboración y disposición para compartir conocimientos y experiencias que enriquecieron el resultado final del proyecto.

Finalmente, agradezco a mi familia por su apoyo emocional y su fe en mí, pilares fundamentales para alcanzar este logro.

RESUMEN

A lo largo de los años, el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) ha evolucionado y diversificado la cartera de servicios que ofrece a sus clientes, este proyecto será realizado en la Gerencia de Telecomunicaciones, esta se compone de varias divisiones, por lo que se enfocará en la de Gestión de Red y Mantenimiento, Dirección Entrega y Aseguramiento de los Servicios en la Zona Metropolitana Este.

El control de la información y recolección de los datos por medios automatizados es la mejor opción para la fiabilidad de los datos y reducción del error humano, la finalidad de este proyecto es implementar un sistema electrónico que dispense y registre la información de los equipos terminales de televisión utilizados en los servicios de video que brinda el ICE.

La carencia de un sistema que resguarde la información en tiempo real y realice una lectura precisa del código de barras asignado a cada equipo terminal de televisión, enviando esta información a un servidor que nos permitirá conocer el uso y la necesidad de suplir a cada técnico de campo de forma eficiente y oportuna según utiliza los terminales.

El dispositivo planteado está basado en la implementación de diversos motores, lector de barras y sistema de ingreso de datos, administrados por un medio de control que permita dispensar y controlar la utilización de los equipos terminales.

Con esto esperamos mejorar el inventario, manipulación, registro y utilización de los equipos de televisión, así como sentar responsabilidad sobre el personal técnico de campo según el procedimiento establecido para mantener actualizados los sistemas.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DEL PROYECTO

1.1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION DEL PROYECTO

1.1.1 Antecedentes del contexto de la empresa.

A mediados del siglo XIX, San José se alumbraba con lámparas de kerosén o canfín. El crecimiento urbano y los años acentuaban los daños que el tiempo había ocasionado en los postes.

Hacia finales de ese siglo se funda la Compañía Eléctrica de Costa Rica, se levantó la primera planta hidroeléctrica, en Barrio Aranjuez para 25 lámparas de carbón. Si bien, el servicio fue en crecimiento, el acceso de este era para pocos.

Ante esta realidad, en 1923, una serie de intelectuales crearon la Liga Cívica Nacional, la cual luchaba por la defensa del país frente a la inversión y el mal servicio de las empresas extranjeras.

En 1948 un grupo de ingenieros eléctricos y civiles encabezados por Jorge Manuel Dengo Obregón presenta a la junta directiva del Banco Nacional un documento titulado Plan General de Electrificación de Costa Rica.

La trascendencia de esta iniciativa fue tal, que el Banco Nacional lo remite al Gobierno de la República y el resultado fue la creación del Instituto Costarricense de Electricidad, el 8 de abril de 1949. Con el ICE, los problemas de escasez de energía eléctrica empiezan a solucionarse.

Sus 40 plantas de generación, y robustos sistemas de transmisión y distribución eléctrica iluminan y mueven a Costa Rica de costa a costa y de frontera a frontera.

Dado su éxito en la electrificación del país, en 1963 se le confirió un nuevo objetivo: el desarrollo y la operación de las telecomunicaciones del país.

A partir de entonces, el ICE instaló 24 centrales telefónicas automáticas y más de 34.200 líneas telefónicas (la primera en 1966, en Escazú, con una capacidad de 1000 líneas). En los años 70 avanzó vertiginosamente en esta materia y para finales de 2008 se contaba con 34 líneas por cada 100 habitantes, uno de los índices más altos en Latinoamérica.

A partir de 2009, el ICE amplió su cartera de servicios; con la tecnología móvil 3G (UMTS), plataformas para IPTV y VoIP (televisión y voz sobre el protocolo de Internet), que le permiten incursionar como un operador Triple Play, es decir, envío instantáneo de voz, datos y video.

Es, además, el operador dominante del mercado celular, con su marca Kölbi, y cuenta con una robusta red de fibra óptica y de cables submarinos que permiten la conectividad de alta calidad con el mundo (ICE, 2021).

Para la implementación de este proyecto trabajaremos en la Gerencia de Telecomunicaciones, División Gestión de Red y Mantenimiento en la Dirección Entrega y Aseguramiento de los Servicios, misma se compone de 5 zonas a nivel país que se encarga de instalar y atender las incidencias que se presenten en los servicios fijos de los clientes residenciales.

Sin embargo, debido al tamaño del departamento, se iniciará en la zona Metropolitana Este, específicamente en San José.

1.1.2 Justificación del problema

En las últimas dos décadas, la diversidad de servicios que es posible brindar por los proveedores en el mercado de Telecomunicaciones ha ido en aumento, esto ha provocado un crecimiento en la competencia directa con los diferentes operadores que se tienen en el país.

Como parte de este crecimiento el ICE ha diversificado su oferta como proveedor de servicio desde su inicio en Telecomunicaciones en la década de los 60 únicamente con telefonía. Para 1987 por medio de Radiográfica Costarricense (Racsa) inicia el camino a los servicios de datos mediante paquetes X.25, posterior a inicios del siglo XXI el ICE incursiona en la tecnología banda ancha con el proyecto de la Red Internet Avanzada (RIA).

A partir del 2008 con la apertura de las telecomunicaciones, el ICE apostó por incluir el desarrollo de una mejor red hacia la fibra óptica para brindar el servicio de video, con lo cual en el año 2013 se lanza el servicio kölbi TV, con lo cual se ofrecen servicios de voz, datos y televisión a sus clientes y en 2015 se inaugura la red de ultra banda ancha por fibra óptica en Costa Rica.

Actualmente los sistemas de gestión enfrentan una alta desactualización debido al factor humano, quienes deben realizar de forma individual por cada servicio atendido la solicitud de cambio en el sistema, lo que puede verse afectado debido a la fiabilidad de los datos.

Con el fin de corregir esta situación, se ha empleado una revisión de cada uno de los técnicos con un listado impreso del sistema para verificar qué tienen en su poder y qué es desactualización, proceso que se realiza manualmente. Lo que representa una importante cantidad de horas hombre por la falta de automatización en el proceso.

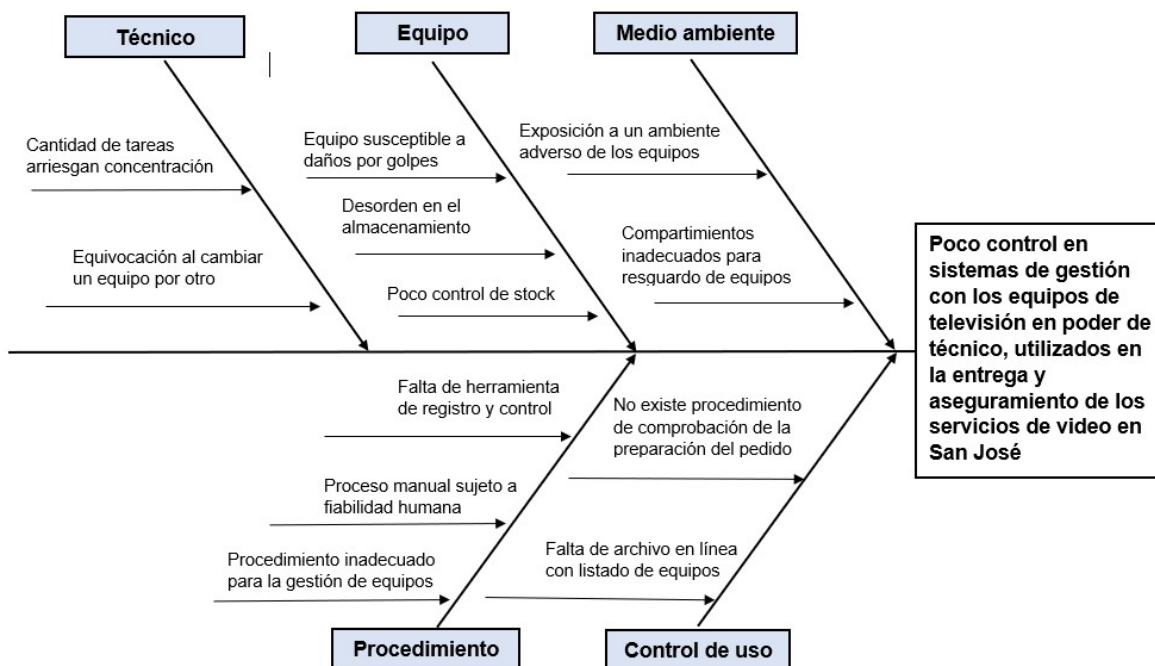
Debido a lo anterior, este proyecto tiene como finalidad el desarrollo de un sistema electrónico que permita dispensar y controlar la utilización y solicitudes de equipos terminales de televisión por parte del personal técnico de campo, mejorando la trazabilidad en los equipos y efectividad en los sistemas de registro.

Importante indicar debido a la magnitud de la Dirección Entrega y Aseguramiento de los Servicios, el proyecto se concentrará en la zona de San José, la cual pertenece a la Zona Metropolitana Este, subzona 2.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

En el siguiente diagrama, se muestran las deficiencias que presenta el proceso actual para la actualización de terminales en los sistemas de gestión, misma que está sujeta a la lectura de un código por parte del técnico el cual debe brindarlo vía telefónica a un gestor en el Centro de Gestión, quien procede a actualizar en el sistema, así como las debilidades que este método presenta para mantener los datos actualizados en tiempo y forma.

Figura 1. Diagrama de Ishikawa



Fuente: Elaboración propia

- Técnico: el personal técnico de campo debe leer con detenimiento la serie que está instalando donde el cliente, indicar vía telefónica al gestor y este transcribe al sistema, por lo que es susceptible al error humano debido a la cantidad de tareas asignadas diarias que deben atender.
- Equipo: actualmente los equipos terminales se almacenan en cajas donde se mezclan unos con otros, se deterioran las etiquetas donde aparecen las series y mantienen más equipos de los necesarios semanalmente, lo que afecta directamente la lectura y agilidad del proceso, así como daños físicos con los que puedan verse afectados.

- c. Medio ambiente: el resguardo de los equipos no se realiza en compartimientos adecuados para su almacenamiento, sino en los cajones de los vehículos donde el calor es excesivo debido al sol en tiempos de verano o a la humedad en invierno por ingreso de agua.
- d. Procedimiento: no se cuenta con una herramienta de registro y control para los equipos, ante lo cual los técnicos deben llamar al Centro de Gestión donde si la línea se encuentra ocupada, deben esperar hasta que sea atendido para actualizar, esto provoca lentitud en el proceso diario por el procedimiento inadecuado con la que se maneja la gestión de equipos.
- e. Control de uso: no existe un registro en línea de los equipos utilizados, por consiguiente, tampoco un sistema de comprobación para la realización de un nuevo pedido de equipos terminales.

Al analizar las falencias en el proceso de asignación y uso de equipos terminales en la instalación y averías de servicios de video, se busca mediante un sistema dar solución apoyados en la tecnología y se deriva la interrogante:

¿Cuál es la forma óptima para desarrollar un dispositivo dispensador de set up box Huawei y Skyworth que permita mantener actualizados los sistemas mediante el control de los equipos asignados a los técnicos y el número del cliente en el cuál debe mantenerse registrado en los servicios de video brindados por el ICE durante el II semestre del 2024?

1.3 OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECIFICOS

1.3.1 Objetivo General

Desarrollar un sistema electrónico automatizado móvil de dispensado y control de uso en tiempo real para equipos terminales de televisión que son utilizados por el personal técnico del ICE en la entrega y aseguramientos del servicio de video en la zona de San José, durante el II semestre 2024.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Estudiar el proceso actual de entrega y uso de equipos terminales por el personal técnico de campo.
- Analizar mediante un diagrama de flujo el proceso actual para encontrar dónde se pierde la trazabilidad de los equipos que provoca la desactualización en sistemas de gestión.
- Identificar las necesidades y requerimientos para automatizar el proceso de gestión de equipos terminales utilizados en los servicios de televisión por los técnicos de terreno.
- Seleccionar los dispositivos electrónicos necesarios para la creación de un sistema que permita dispensar los equipos y mantener el control de uso de estos.
- Diseñar un sistema automatizado de lectura para el código de barras que posee cada equipo y así enviar la información de cada uno a un servidor remoto.

- Implementar un teclado alfanumérico con su respectiva pantalla donde el técnico debe introducir datos según solicitud para que esta información sea enviada al servidor remoto, en conjunto con el código de barras del equipo necesario y con esto realizar una actualización efectiva en el sistema.
- Realizar un sistema que permita almacenar los datos, generar informes de uso e inventario de los equipos terminales de televisión.
- Construir un dispositivo móvil electrónico que permita dispensar los equipos según la necesidad del negocio, manteniendo el control de asignación y uso de ellos.
- Establecer una alarma en el servidor remoto y en el equipo que indique cuándo y qué equipo debo recargar en el centro de distribución.
- Analizar el costo-beneficio que genera la ejecución del proyecto a realizar.

1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.4.1 Alcances

El presente proyecto está enfocado en lograr controlar el uso e inventario de equipos terminales de televisión, utilizados en la entrega y aseguramiento de servicios de video. Esto se pretende implementar mediante un sistema automatizado y así disminuir la falta de control actual que existe en el proceso.

La implementación se llevará a cabo en el proceso de entrega y aseguramiento del servicio en la zona de San José, misma que representa aproximadamente el 50%

de los servicios que se brindan en el país por parte del Instituto Costarricense de Electricidad.

En promedio cada técnico atiende unas 20 averías semanales que cuentan con servicio contratado de televisión y realizan unas 10 instalaciones que en promedio cuentan con 3 equipos terminales de televisión.

El dispositivo electrónico mantendrá el control sobre el uso e inventario de equipos para cada técnico, lo que permitirá un monitoreo constante y se incorporará un sistema de alarma para mantener una óptima cantidad de equipos en este.

Posterior a esta implementación, se pretende reproducir el proyecto en toda la flota vehicular asignada a la Zona Metropolitana Este dedicada a la entrega y aseguramiento de los servicios de televisión.

1.4.2 Limitaciones

El sistema por desarrollar constará de un registro de actividades de solicitud de equipos terminales de televisión, información a la cual se podrá acceder por medio de la red. Lo anterior tiene una fuerte dependencia del proveedor de servicios móviles en el dispositivo y fijos en el servidor remoto, de la disponibilidad de sus servicios y del correcto uso que se tenga del usuario que será configurado.

Así mismo, para acceder a la información, es necesaria una conexión a internet que debe proveer el departamento de Tecnologías de la Información de la empresa, esto ya que la red corporativa no contempla acceso a servidores no regulados.

Al tener un presupuesto limitado que no será brindado por la Institución, puesto que serían fondos públicos y su liberación es complicada, se utilizarán gabinetes, rieles, y algunos dispositivos reciclados de otros proyectos descontinuados en el ICE, así aprovechar el dinero de una manera responsable y efectiva, no se instalarán dispositivos que puedan ser sustituidos por otros de menor costo, pero que cumplan con la función y especificaciones requeridas; sin embargo el autor hará las recomendaciones que corresponda de cuáles pueden ser mejoras a valorar para cuando se decida replicar la solución.

Debido a que la solución es móvil, se instalará un sistema de baterías al dispositivo y una conexión hacia el sistema de carga de batería del vehículo para mantenerlo en línea, sin embargo, en caso de que falle esta conexión, el programa deberá ser iniciado por el encargado del área pues es quien contará con el acceso protegido por contraseña, lo cual podría generar un atraso de entre 2 a 14 horas en la atención de alguna asistencia técnica.

Importante indicar la flota vehicular del área es considerablemente grande, aunado al volumen de trabajo que se maneja y el tiempo limitado para desarrollar el proyecto, únicamente se implementará en un vehículo como piloto y posterior se buscará replicar en toda la flotilla.

CAPÍTULO II

MARCO TEORICO

2.1 MARCO CONCEPTUAL

Durante este capítulo se describirán los conceptos, las características y la información de los dispositivos electrónicos que integrarán el módulo para automatizar la entrega y control de equipos terminales de televisión para los servicios de video.

2.1.1 Microprocesadores.

En 1971 fue introducido el Intel 4004, que fuera el primer microprocesador, aunque solo podía sumar y restar a 4 bits a la vez, fue toda una revolución al ser un único chip encargado de resolver operaciones lógicas.

A partir de ahí han evolucionado para facilitar la vida cotidiana de cada uno de nosotros, ejecuta operaciones matemáticas básicas, así como comunicación de dispositivos y administración de entradas, salidas y más, para la ejecución de un programa mediante el ciclo de instrucción.

Es la parte más importante y uno de los componentes principales de un computador, junto con la memoria, puertos I/O e interconexiones, como lo describe la arquitectura de John Von Neumann en 1945.

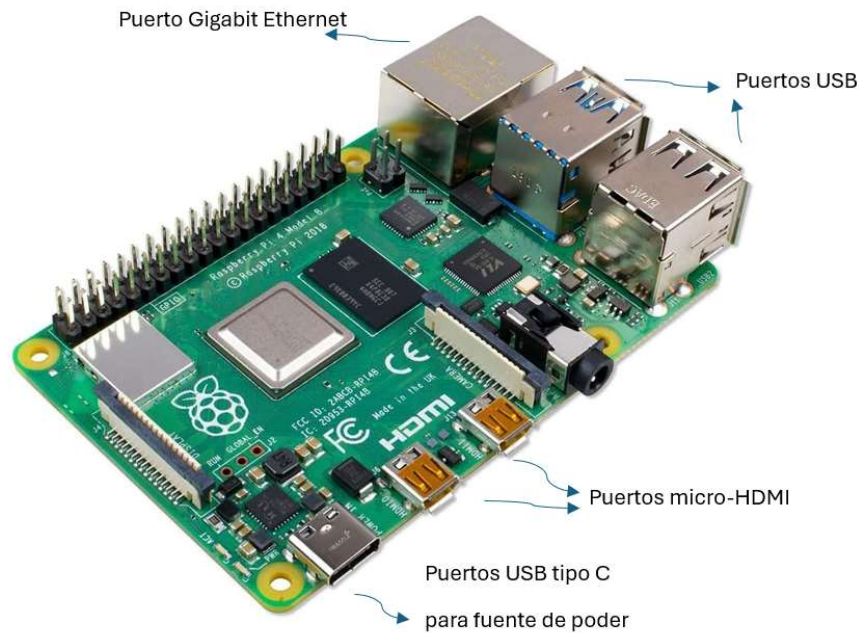
El Raspberry Pi debido a sus características y especificaciones, es un ordenador de bajo costo, con un tamaño de bolsillo que desde su introducción al mercado en 2012 por Raspberry Pi Foundation, conquista usuarios en el mundo por hacer accesible la informática a cada uno de ellos.

Como otros ordenadores en el mercado, el Raspberry Pi soporta periféricos como pantalla, teclado, ratón, dispositivos de almacenamiento, cámara y otros por medio del puerto USB integrado que posee. Aunado a lo anterior, puede ejecutar funciones como juegos, navegación en internet, procesamiento de textos y otros, así como programación en diferentes lenguajes como Python y Scratch.

La arquitectura de Raspberry interna y externa está basada en hardware y software libre, es posible instalar diferentes sistemas operativos, sin embargo, para este ordenador de bolsillo se desarrolló Raspberry Pi OS (antes Raspbian), la cual viene siendo una versión personalizada de Debian. Para la implementación del proyecto se utilizará un sistema sencillo, pero moderno y amigable con el usuario, por lo que apostaremos por la versión Raspberry Pi OS Píxel.

La Figura 2 muestra la ubicación física de los componentes en la placa y los puertos mencionados anteriormente en una placa Raspberry PI.

Figura 2. Raspberry Pi 5



Fuente: Elaboración propia

Las especificaciones técnicas para el Raspberry Pi 5, se muestran en la tabla 1, este integra características que soportan el dispositivo electrónico que se busca implementar en el proceso de entrega de servicios de video.

Tabla 1 Especificaciones técnicas Raspberry Pi 5

Especificaciones técnicas Raspberry Pi 5	
Procesador	Broadcom BCM2711
CPU	Quad core Cortex-A72 (ARM v8) 64-bit SoC @ 1.8GHz
Memoria	8GB LPDDR4-3200 SDRAM

Conectividad	2.4 GHz and 5.0 GHz IEEE 802.11ac wireless, Bluetooth 5.0, BLE Gigabit Ethernet
Entradas y salidas	40 pines GPIO, SPI, I ² C, UART
Audio y video	Conector MIPI CSI Conector micro-HDMI Interfaz DSI Jack de 3.5 mm
Almacenamiento	ranura para micro SD
Fuente de alimentación	5 V vía USB tipo C o puerto GPIO

Fuente: Elaboración propia

2.1.2 Protocolo I²C

Circuito inter-integrado (en inglés Inter-Integrated Circuit) desarrollado por Phillips Semiconductors, se utiliza principalmente para comunicación interna entre diferentes componentes o partes de un circuito, ejemplo el Raspberry Pi con circuitos periféricos.

El I²C se encuentra diseñado de forma que la transferencia de datos iniciará siempre por un maestro y el esclavo reaccionará. Se cuenta con un modo donde se comunican 2 maestros, pero uno de ellos deberá actuar como esclavo, el control de acceso en el bus será por turnos entre ellos.

2.1.3 Red de datos móviles.

Una red móvil consta de una red de estaciones base que cubren un área delimitada (celda) y encaminan las comunicaciones en forma de ondas de radio desde y hasta los terminales de los usuarios (Orange, SF).

Al igual que las comunicaciones fijas, las móviles buscan conectar dos usuarios remotos mediante el equipo en servicio de un operador que gestiona la red. Sin embargo, en estas últimas no existe una conexión física entre ambos, sino que las transmisiones de radio son el enlace final comunicándose a través del aire con una antena.

Importante indicar se depende del rango de cobertura de las celdas ubicadas en las diferentes antenas colocadas en el área a implementar la red móvil según necesidad del operador de servicios. En la figura 3 podemos observar un tipo de celda celular.

Figura 3 Celdas para red móvil



Fuente: larepublica.net

2.1.4 Motor eléctrico

Es continuo y posee un sistema de 2 cables donde uno es la alimentación y el otro la tierra, dependiendo de cómo se polarice, así será el sentido de giro y se encarga de brindar la movilidad (ver figura 4).

Circuito de control: la señal de control viene siendo la entrada, indiferente si es analógica o digital, misma que será el comando de posición final del eje. Además, el codificador brinda retroalimentación de posición y velocidad, la que se compara con la entrada y lleva al motor a la posición correcta.

Figura 4 Motor DC



Fuente: Steren.cr

2.1.6 Actuadores

Los actuadores lineales DC son dispositivos electromecánicos que convierten la energía eléctrica en movimiento lineal. En el contexto de este proyecto, se utilizan para empujar los equipos terminales fuera de la tolva hacia la banda transportadora.

El modelo implementado funciona mediante un sistema de dos cables: uno para la alimentación y otro para la tierra (ver figura 5). El sentido de movimiento del eje depende de la polaridad aplicada, lo cual permite controlar si el actuador se extiende o se retrae. Esta característica facilita su integración con circuitos de inversión de giro como los relés doble contacto o puentes H.

Desde el punto de vista de control, estos actuadores pueden ser gobernados por señales digitales generadas desde microcontroladores o microprocesadores, como en este caso la Raspberry Pi. En el diseño propuesto se utiliza un control de lazo abierto temporizado, es decir, se energiza el actuador durante un tiempo definido suficiente para garantizar el desplazamiento completo hacia la posición final deseada.

Figura 5 Actuadores DC



Fuente: Amazon.com

2.1.7 Pantalla de cristal líquido.

Desde hace muchos años conocidas como LCD (Liquid Crystal Display), poseen cristales líquidos como su nombre lo dice, que al iluminarlos con luz de fondo pues por sí misma no puede emitir luz, por medio de un polarizador que es un filtro óptico, toma las señales eléctricas que vienen del microcontrolador y las convierte en caracteres comprensibles para el usuario según lo disponga el programador.

Figura 6 Pantalla de cristal líquido



Fuente: <https://www.sparkfun.com/products/709>

Al realizar este proyecto utilizaremos una pantalla de 16 x 2, por lo que permite visualizar 16 caracteres en horizontal y 2 filas. En la Figura 6 se muestra parte de la capacidad de texto de este LCD.

2.1.8 Teclado matricial.

Para el ingreso de datos por parte del usuario, se utilizará un teclado de 4 x 4, estilo telefónico de 4 filas y 4 columnas.

En la Figura 7 podemos observar el teclado a utilizar en el proyecto, el usuario final deberá digitar su código de técnico, posterior le solicitará el número de servicio que introducirá mediante este mismo y por último seleccionará el tipo de equipo requerido. Importante indicar posee 8 pines para controlar los 16 botones.

Figura 7 Teclado matricial 4x4



Fuente: Elaboración propia

2.1.9 Fuente de alimentación.

El proyecto es móvil, por lo tanto, la fuente de alimentación que utilizaremos es una batería de vehículo y de respaldo una batería de 12 VDC y 7A (ver figura 8),

posterior a él conectaremos un reductor para que nos brinde los 5VDC que es lo requerido para el funcionamiento del Raspberry Pi que será el cerebro del dispositivo.

Figura 8 Batería 12VDC



Fuente: Elaboración propia

2.1.10 Lector de código de barras

Es un dispositivo que permite reducir el tiempo de captura de datos y el error humano a realizar la lectura de un código de forma manual (ver figura 9).

Cuando el aparato dirige el haz de luz hacia la etiqueta donde se encuentra el código de barras, este capta y lee la luz que es reflejada en la superficie mediante sensores que se encargan de detectar este haz, convirtiéndola en energía eléctrica y posterior en datos, estos serán enviados al dispositivo donde se encuentra conectado el escáner.

Figura 9 Lector de código de barras



Fuente: Elaboración propia

2.1.11 Base de datos.

Es una herramienta empleada en la vida cotidiana de la mayoría de las personas, en ellas se almacena información de productos, personas u otras cosas que es recopilada y organizada según la necesidad.

Las bases de datos se componen de tablas, formularios, informes, consultas, macros y módulos como se observa en la representación de la figura 10. Para efectos del proyecto utilizaremos un servidor web para facilitar el trabajo de actualización de equipos y control de inventario, emplearemos un código libre para evitar pagos por licencias, reduciendo costos.

Figura 10 Representación de una base de datos



Fuente: <https://www.capterra.es/blog/639/software-base-de-datos-gratuitos-codigo-abierto>

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

“La investigación científica, como base fundamental de las ciencias, parte de la realidad, investiga esa realidad, la analiza, formula hipótesis y fundamenta nuevas teorías o con muy poco conocimiento de ella. El conocimiento de la realidad es la mayor garantía para cualquier proceso investigativo. Si durante el desarrollo de este proceso el investigador no se sirve de un diseño previo, de una estructura básica, su trabajo puede resultar infructuoso” (Tamayo, 2004, p.39).

Con base en lo anterior, se concibe que este proyecto presenta una investigación basada en el método científico, con lo cual se obtuvo información necesaria para determinar el problema y así brindar una solución real y efectiva que automatice el proceso de entrega y uso de equipos STB en el personal técnico de campo, reduciendo daño en estos, desactualización en sistemas y desabastecimiento de estos.

3.1.1 Finalidad de la Investigación

Según Muñoz Razo las tesis pueden clasificarse dependiendo del nivel de estudios, recopilación y tratamiento de la información, enfoque de la investigación, objetivo de estudio de la investigación, origen de la investigación, entre otros (Muñoz, 2011). Sin embargo, cada autor tiene libertad para clasificar su investigación a criterio propio.

Existen múltiples clasificaciones para las investigaciones, aunque no existe ninguna clasificación rigurosa y que cada autor está en la libertad de clasificar su

investigación según su propio criterio, se sugiere una propuesta de clasificación basada en formas y niveles (Muñoz, 2011). Diferentes autores categorizan los tipos de investigación por diversos criterios, los cuales dan paso a 4 tipos:

Aplicada: Hernández y Col (2006) plantean que este estudio puede identificarse como “aquel tipo de investigación que tiene fines prácticos en el sentido de solucionar problemas detectados en un área del conocimiento. Está ligada a la aparición de necesidades o problemas concretos y al deseo del investigador de ofrecer solución a estos” (p.103).

Descriptiva: Hernández y Col (2006) plantean que dicha investigación puede definirse como “aquel tipo de investigación que busca especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis. Mide o evalúa diversos aspectos, dimensiones o componentes del objetivo en estudio. Desde el punto de vista científico describir es medir. En éste, se selecciona una serie de cuestiones y se mide cada una de ellas independientemente para así describir lo que se investiga (p.102).

Tecnológica: “Las tesis de investigación tecnológica aplican un conjunto de técnicas, conocimientos y procesos, que sirven para diseñar y construir objetos que ayudarán a satisfacer las necesidades o los deseos de la sociedad. Su propósito final es la mejora de la calidad de vida, la comodidad y el bienestar de la sociedad, por conducto de la innovación tecnológica, la ciencia aplicada y las disciplinas de ingeniería y las áreas similares” (Muñoz, 2011, p.26).

De campo: “La información se recoge directamente de la realidad que se investiga, en el lugar, área, espacio, ambiente, institución, comunidad, donde ocurre el fenómeno o donde está ubicado el hecho u objeto; para posteriormente ser procesada. El investigador se dirige al sitio para recolectar datos que luego procesará” (Chávez, 2007, p.142).

Con base en la clasificación citada anteriormente, es posible concluir que esta investigación es de tipo aplicada, esto ya que pretende solucionar un problema real que se presenta de forma cotidiana en la Dirección Entrega y Aseguramiento de los Servicios, aunado a lo anterior, la autora plantea la problemática y las conclusiones que se obtuvieron al analizar la documentación histórica y los resultados obtenidos en el terreno.

3.1.2 Método de Investigación

En el presente proyecto se desarrollará mediante 3 métodos de investigación, los cuales son inductivo, sintético y aplicado.

Para Muñoz (2011) el inductivo “es un método de investigación empírico que parte de la observación casuística de un fenómeno, hecho, evento o circunstancia para analizarlo, lo que permite formular conclusiones de carácter general que suelen convertirse en leyes, teorías y postulados. De esta forma, sus conclusiones son de carácter general” (p.215)

También describe el sintético como, “un método de investigación propuesto por Descartes, que consiste en la separación de las partes de un todo con la finalidad

de estudiarlas en forma individual (análisis) para después efectuar la reunión racional de los elementos dispersos y estudiarlos en su totalidad (síntesis)” (p.217).

Para el método de investigación aplicado, Muñoz (2011) refiere que “se caracteriza por aplicar los conocimientos que surgen de la investigación pura para resolver problemas de carácter práctico, empírico y tecnológico para el avance y beneficio de los sectores productivos de bienes y servicios de la sociedad” (p.26).

3.1.3 Dimensión Temporal

La dimensión temporal de una investigación hace referencia al periodo de tiempo en el que se recolecta la información para llevar a cabo la investigación. Hernández Sampieri et al., 2014, clasifica la dimensión temporal de una investigación no experimental en dos tipos: transversales o longitudinales.

“Los diseños de investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como “tomar una fotografía” de algo que sucede” (Hernández Sampieri et al., 2014, p.154).

Para diseños longitudinales o evolutivas, Hernández Sampieri et al., 2014 establece que:

“En ocasiones, el interés del investigador es analizar cambios al paso del tiempo en determinadas categorías, conceptos, sucesos, variables, contextos o comunidades, o bien, de las relaciones entre éstas. Aún más, a veces ambos tipos de cambios. Entonces disponemos de los diseños longitudinales, los cuales recolectan datos

en diferentes momentos o periodos para hacer inferencias respecto al cambio, sus determinantes y consecuencias” (p.159).

Basado en las citas mencionadas, se determina que la dimensión temporal de esta investigación es evolutiva, pues se hizo una toma de datos de las variables de la problemática durante meses anteriores al inicio del proyecto y además se continuará con la recolección de información durante el segundo semestre del 2024.

3.1.4 Marco de la Investigación

En este apartado se hace referencia al impacto o alcance del proyecto y se clasifica en tres tipos: mega, macro y micro, según estos parámetros. Donde mega hace referencia a todas las empresas de medios similares donde se ejecute la investigación, macro a la empresa donde hago la investigación y micro a un área o departamento específico de dicha empresa.

Para la investigación del presente proyecto se establece como nivel micro, ya que, este busca solucionar un problema en el dispensado y control sobre los equipos terminales de televisión que se utilizan para brindar servicios de video, puntualmente en el proceso de la Dirección Entrega y Aseguramiento de los Servicios en San José.

3.1.5 Naturaleza de la Investigación

Según sea la naturaleza de la investigación, (Hernández Sampieri et al., 2014), se clasifica en dos enfoques: cualitativos o cuantitativos, cada uno con sus propias características.

El enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones respecto de la o las hipótesis (Hernández Sampieri et al., 2014, p.4).

Por otra parte, se afirma del enfoque cualitativo:

El enfoque cualitativo también se guía por áreas o temas significativos de investigación. Sin embargo, en lugar de que la claridad sobre las preguntas de investigación e hipótesis preceda a la recolección y el análisis de los datos (como en la mayoría de los estudios cuantitativos), los estudios cualitativos pueden desarrollar preguntas e hipótesis antes, durante o después de la recolección y el análisis de los datos. Con frecuencia, estas actividades sirven en primera instancia, para descubrir cuáles son las preguntas de investigación más importantes; y después, para perfeccionarlas y responderlas. La acción indagatoria se mueve de manera dinámica en ambos sentidos: entre los hechos y su interpretación, y resulta un proceso más bien “circular” en el que la secuencia no siempre es la misma, pues varía con cada estudio (Hernández Sampieri et al., 2014, p.7).

El enfoque de dicho proyecto es cuantitativo, pues se plantea un problema con datos numéricos, se trabajará con lenguajes de programación basados en fórmulas y cálculos matemáticos, mediciones, recolección y análisis de datos para la puesta en operación del sistema.

3.1.6 Carácter de la Investigación

El carácter o alcance de la investigación ayuda al autor a plantear el problema, elegir métodos de investigación, en el análisis e interpretación de toda la información para formular las conclusiones. Existen investigaciones con carácter: explicativo, descriptivo, narrativo, documental, experimental, exploratorio, confrontativo, interpretativo y argumentativo (Muñoz, 2011).

Para definir los estudios experimentales (Muñoz, 2011) escribe lo siguiente:

El objetivo de estas tesis es reproducir un fenómeno dentro de un ambiente específico de pruebas e ir modificando diferentes elementos para observar qué sucede con el fenómeno. Desde luego, todo esto se realiza mediante un método formal de investigación con manipulación de variables experimentales en condiciones rigurosamente controladas para simular las posibles condiciones a las que se enfrentará el objeto de estudio (p.23).

Con base en los tipos de estudio mencionados, esta investigación cumple con características de carácter experimental. Se estudiará, desarrollará e implementará un dispositivo electrónico que dispense equipos y suministre la información a una

base de datos, mediante componentes electrónicos y mecánicos con los cuales se deben hacer pruebas buscando una solución a la problemática planteada.

3.2 FUENTES DE INFORMACIÓN

Según (Muñoz, 2011), las fuentes de información son “los registros de conocimientos recopilados a través de escritos formales, libros, revistas, manuscritos, cuadros, figuras, y registros audibles en grabaciones fonográficas, los cuales se utilizan como fuentes de consulta para fundamentar un conocimiento” (p.223).

Entonces personas, documentos u otros se convierten en fuentes de información, únicamente debemos determinar cómo encontrarlos.

3.2.1 Fuentes Primarias

Bounocore (1980), define a las fuentes primarias de información como “las que contienen información original no abreviada ni traducida: tesis, libros, nomografías, artículos de revista, manuscritos. Se les llama también fuentes de información de primera mano...” (p.229).

Por consiguiente, en este proyecto se buscará mediante observación directa y entrevistas a los usuarios finales del departamento en estudio para buscar una alternativa de solución.

3.2.2 Fuentes Secundarias

Las fuentes secundarias según Cid et al. (2011): "... se refieren a información obtenida de datos generados con anterioridad, es decir, no se llega directamente a los hechos, sino que se les estudia a través de lo que otros han escrito" (p. 86). Por tanto, este documento utiliza tanto fuente primaria como secundaria, puesto que en estas es donde encontramos el origen de los datos.

3.2.3 Sujetos de información.

De acuerdo con Cid et al. (2011): "Cuando las fuentes de información son personas se les llama sujetos de investigación" (p.85).

Los sujetos de información para esta investigación será un técnico del Centro de distribución de la zona, un técnico de campo y otro del Centro de Gestión de dicha zona para obtener la perspectiva desde las 3 aristas que intervienen en el objeto de estudio.

Estos 3 funcionarios del ICE son usuarios expertos y brindarán diferentes herramientas e información relevante para el desarrollo de la investigación.

3.3 TÉCNICAS Y HERRAMINETAS

Al respecto, (Niño, 2011) establece que las técnicas "se entienden como las operaciones, procedimientos, o actividades de investigación, por ejemplo, la observación y la entrevista. Algunos las llaman "métodos", por cuanto se trata de procedimientos de investigación. Algunas veces, también se mencionan como los medios, o instrumentos de investigación" (p.29) y también menciona que los

instrumentos “son los elementos, o materiales que permiten la ejecución, o aplicación de las técnicas, como sería el cuestionario en la técnica de la encuesta” (p.29).

Por consiguiente, son todas las técnicas y herramientas para la recolección de datos en una investigación de las que dispone el autor, aplicando diferentes métodos para obtener la información.

3.3.1 Recopilación documental

En la presente investigación recurriremos a la información histórica que se tiene en la empresa respecto a gasto de equipos de terminales de televisión, así como el histórico de reportes con servicios de video atendidos entre el 01 de enero 2024 al 30 de junio 2024. Muñoz (2011) define esta técnica como:

“La recopilación documental se refiere al acopio de información y antecedentes relacionados con la investigación que se realiza a través de documentos escritos, testimonios fonográficos, grabados, iconográficos, electrónicos o de páginas Web, sean formales e informales, en donde se plasma el conocimiento que es avalado por autores que realizaron una previa investigación” (p.119).

3.3.2 Observación

Niño (2011) tiene su propia definición de esta herramienta “observar es un acto mental bien complejo. Implica mirar atentamente una cosa, una persona o ser vivo, un fenómeno o una actividad, percibir e identificar sus características, formas y

cualidades, registrarlas mediante algún instrumento (o al menos en la mente), organizarlas, analizarlas y sintetizarlas. No basta con “ver” las cosas, proceso fisiológico que se genera en los sentidos. Es necesario “mirar”, proceso cognitivo que, aunque se inicia como ver, exige una actividad de la mente” (p.62).

Mediante la técnica de observación participaremos de la actividad de estudio al mirar con detenimiento el proceso actual que se lleva a cabo en el departamento, mismo que reflejará las deficiencias de este, permitiendo buscar la mejor solución para lo encontrado.

3.3.3 Entrevista

Es una herramienta que complementa la observación, puesto que no solo se mira dentro de la actividad de estudio, sino que recopilaremos información hablando con el personal que interviene en dicha actividad.

Con cierta razón, Niño (2011) afirma que “la entrevista es una técnica, fundamentalmente de tipo oral, basada en preguntas y respuestas entre investigador y participantes, que permite recoger las opiniones y puntos de vista de dichos participantes o, eventualmente, según objetivos, intercambiar con ellos en algún campo” (p.64).

3.3.4 Experimentación

Muñoz (2011) se refiere a esta técnica como “el estudio de un fenómeno sometido a condiciones especiales conforme a las necesidades del investigador. Durante la experimentación, el fenómeno bajo estudio es susceptible de sufrir modificaciones

en sus variables, con el propósito de estudiar sus conductas, comportamientos y características” (p.119).

3.3.5 Tecnológico

Muñoz (2011) indica que esta técnica “se apoya en las teorías y los conocimientos de la ciencia para aplicarlos a la transformación de bienes y servicios útiles a la sociedad; con su aplicación es posible innovar métodos, técnicas y conocimientos para el desarrollo científico y tecnológico de la sociedad, las empresas y la población en general.” (p.100).

3.4 VARIABLES Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.4.1 Definición de variables.

En una investigación se cuenta con características que son propensas a sufrir cambios, estas son llamadas variables. Muñoz (2011) señala que “son aquellos fenómenos, características, cualidades, atributos, rasgos o propiedades que se estudian y cuya variación es susceptible de medición, en tanto que adoptan diferentes valores, magnitudes o intensidades. Sin embargo, también existen cualidades y atributos de difícil medición, que no por ello deben dejar de considerarse como variables en el estudio. En ambos casos, la hipótesis constituye la expresión de relación que se da entre dos o más variables” (p.80).

En la tabla 3, es posible observar de forma simple las variables identificadas según el objetivo planteado.

Tabla 2. Variables de la investigación

Objetivo Específico	Variable	Definición
Estudiar el proceso actual de entrega y uso de equipos terminales por el personal técnico de campo.	Asignación y uso de equipos terminales	Analizar el procedimiento actual para la asignación y uso de equipos terminales de televisión para establecer la importancia de un sistema de control.
Analizar mediante un diagrama de flujo el proceso actual para encontrar dónde se pierde la trazabilidad de los equipos que provoca la desactualización en sistemas de gestión.	Asignación y uso de equipos terminales	Estudiar el proceso actual para eliminar el poco control con el que se cuenta en la trazabilidad de los equipos.
Identificar las necesidades y requerimientos para automatizar el proceso de gestión de equipos terminales utilizados en los servicios de televisión por los técnicos de terreno.	Necesidades y requerimientos del sistema	Elementos por tomar en cuenta para mejorar el proceso de asignación y uso de equipos de video.
Seleccionar los dispositivos electrónicos necesarios para la creación de un sistema que permita dispensar los equipos y mantener el control de uso de estos.	Dispositivos para dispensar los equipos	Selección de los elementos ideales para dispensar los equipos de televisión en el departamento.
Diseñar un sistema automatizado de lectura para el código de barras que posee cada equipo y así enviar la información de cada uno a un servidor remoto.	Diseño del prototipo	Confección de un modelo físico del sistema a ser implementado.
Implementar un teclado alfanumérico con su respectiva pantalla donde el técnico deba introducir necesaria para que esta información sea enviada al servidor remoto, en conjunto con el código de barras del equipo que necesite y con esto realizar una actualización efectiva en el sistema.	Construcción del sistema de control	Elaboración física del sistema y periférico por medio del cual se introducirán los datos para solicitar el equipo terminal necesario.
Realizar un sistema que permita almacenar los datos, generar informes de uso e inventario de los equipos terminales de televisión.	Confección de base de datos	Gestar un sistema que recopile información de las solicitudes de equipos, número de servicio donde se instaló y el código de técnico que lo realizó.

Construir un dispositivo móvil electrónico que permita dispensar los equipos según la necesidad del negocio, manteniendo el control de asignación y uso de ellos.	Construcción del sistema de control	Elaboración física del dispositivo a implementar.
Establecer una alarma en el servidor remoto y en el equipo que indique cuándo y qué equipo debo recargar en el centro de distribución.	Sistema de alerta	Elaborar un sistema que informe cuando se deben asignar nuevos equipos por parte del Centro de Distribución
Analizar el costo - beneficio que genera la ejecución del proyecto a realizar.	Viabilidad del proyecto	Balance de la factibilidad de la implementación del sistema.

Fuente: Elaboración propia

3.4.2 Diseño de investigación.

Al iniciar una investigación, trazamos un plan para ejecutar esta y dar solución a la pregunta que se deduce al analizar las causas y efectos del problema planteado, mediante la información que recopilamos y que fue documentada anteriormente definiendo objetivos, alcances, limitaciones y variables de la investigación.

Para Niño (2011) “el diseño cubre una franja básica del plan general, que se orienta a describir de manera concreta, según cada investigación, las estrategias y procedimientos para abordar el estudio del objeto, a luz de las teorías del marco correspondiente”. (p.54)

Por ende, se realizó la tabla 3 permitiendo una visualización completa del diseño de la investigación, esta contiene datos relevantes de la forma en la cual se desarrollará el proyecto, utilizando métodos, técnicas y herramientas con la finalidad de lograr los objetivos planteados en el capítulo I de este documento.

Tabla 3. Diseño de la investigación

Pregunta de la investigación	Objetivo General	Objetivos Específicos	Variables	Método de Investigación	Técnicas y herramientas
¿Cuál es la forma óptima para desarrollar un dispositivo dispensador de set up box Huawei y Skyworth que permita mantener actualizados los sistemas mediante el control de los equipos asignados a los técnicos y el número del cliente en el cuál	Desarrollar un sistema electrónico automatizado móvil de dispensado y control de uso en tiempo real para equipos terminales de televisión que son utilizados por el personal técnico del ICE en la entrega y aseguramiento del servicio de video en la zona de San José, durante el II semestre 2024.	Estudiar el proceso actual de entrega y uso de equipos terminales por el personal técnico de campo.	Asignación y uso de equipos terminales	Inductivo	Observación
		Analizar mediante un diagrama de flujo el proceso actual para encontrar dónde se pierde la trazabilidad de los equipos que provoca la desactualización en sistemas de gestión.	Asignación y uso de equipos terminales	Inductivo	Observación
		Identificar las necesidades y requerimientos para automatizar el proceso de gestión de equipos terminales utilizados en los servicios de televisión por los técnicos de terreno.	Necesidades y requerimientos del sistema	Sintético	Observación
		Seleccionar los dispositivos electrónicos necesarios para la creación de un sistema que permita dispensar los equipos y mantener el control de uso de estos.	Dispositivos para dispensar los equipos	Inductivo	Tecnológico
		Diseñar un sistema automatizado de lectura para el código de barras que posee cada equipo y así enviar la información de cada uno a un servidor remoto.	Diseño del prototipo	Sintético	Experimentación

debe mantenerse registrado en los servicios de video brindados por el ICE durante el II semestre del 2024?

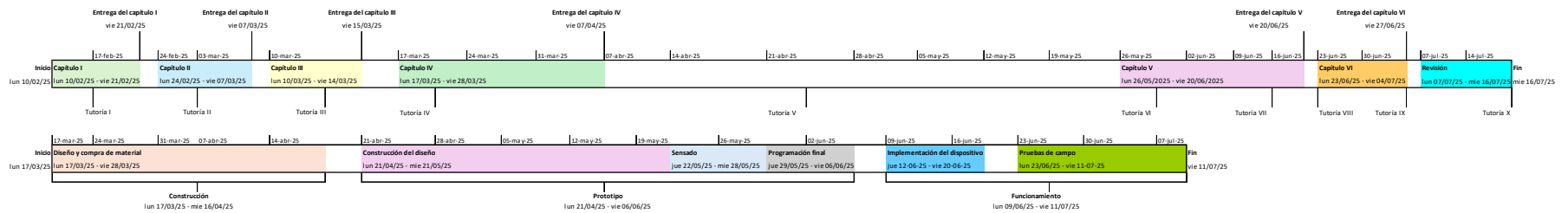
Implementar un teclado alfanumérico con su respectiva pantalla donde el técnico deba introducir su información de usuario, el número de servicio para el cual requiere el equipo y el tipo de equipo requerido para que esta información sea enviada al servidor remoto, en conjunto con el código de barras del equipo que necesite y con esto realizar una actualización efectiva en el sistema.	Construcción del sistema de control	Aplicado	Experimentación
Realizar un sistema que permita almacenar los datos, generar informes de uso e inventario de los equipos terminales de televisión.	Confección de base de datos	Aplicado	Tecnológico
Construir un dispositivo móvil electrónico que permita dispensar los equipos según la necesidad del negocio, manteniendo el control de asignación y uso de ellos.	Construcción del sistema de control	Aplicado	Experimentación
Establecer una alarma en el servidor remoto y en el equipo que indique cuándo y qué equipo debo recargar en el centro de distribución.	Sistema de alerta	Aplicado	Tecnológico
Analizar el costo - beneficio que genera la ejecución del proyecto a realizar.	Viabilidad del proyecto	Aplicado	Sintético

Fuente: Elaboración propia.

3.5 IMPLEMENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

En la figura 7 es posible observar una línea de tiempo detallada donde se establecen las etapas principales y el desarrollo del trabajo escrito, así como el diseño del prototipo e implementación del sistema que dará solución al problema encontrado.

Figura 11 Diagramas de líneas de tiempo



CAPÍTULO IV

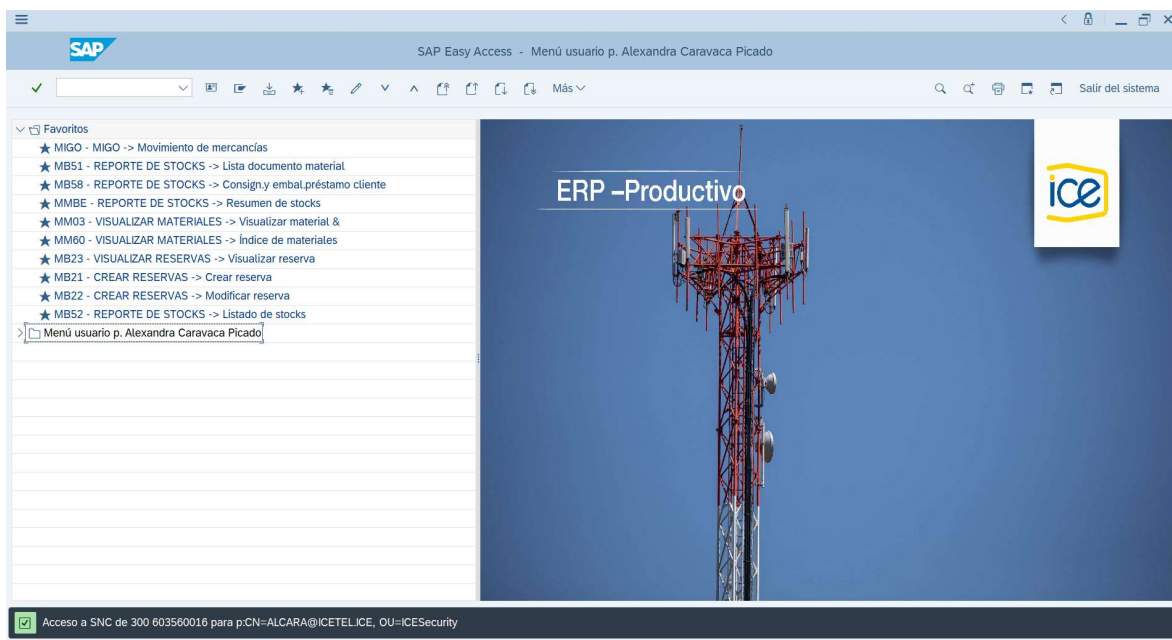
DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En este momento, el proceso de Entrega y Aseguramiento de los Servicios trabaja mediante reservas en el sistema SAP, estos son creados por medio del Centro de Gestión con base en la solicitud que realiza el técnico de campo vía correo electrónico, posterior el gestor de Centro de Gestión envía al Centro de Distribución el número de reserva igual por correo electrónico y este último crea el número de MIGO para la entrega de los equipos.

En caso de no contar con los equipos necesarios, se debe escalar al coordinador del proceso para que proceda a realizar la solicitud al departamento correspondiente de Logística.

Figura 12 Sistema SAP



Fuente: Elaboración propia

En la figura 12 podemos observar el sistema utilizado en la gestión de reservas y MIGO, en este se verifica la disponibilidad de equipos.

Posterior a la gestión en SAP, el gestor de Centro de Distribución procede a ingresar a SIMO, donde se asignan al personal técnico las series de los equipos que le serán entregados, esto se observa en la figura 13.

Figura 13 Pantalla de SIMO

```

PAG.: 0001          CONSULTA DE CPE POR TECNICO          20:15:13
=====
CODIGO DE TECNICO.: 483  CARAVACA PICADO ALEXANDRA      T  (T=P.TECN/D=DANADO)
CODIGO DEL ALMACEN: 000  CODIGO DE TECNOLOGIA: _
=====
ALMACEN ASOC      SERIE CPE          CODIGO DE MARCA
005                21530197799SK3000877  HUAWEI-Q22E-STB
005                2153019779HYL5001404  HUAWEI-Q22E-STB
005                SR506NA031-0020230    SMARTRG-506N
005                2153019779HYKC000866  HUAWEI-Q22E-STB
005                2153019779HYL4006259  HUAWEI-Q22E-STB
005                2153019779HYKC002157  HUAWEI-Q22E-STB
005                CNTLRHW2153019779HYK7001575  HUAWEI-Q22E-CNTRL
005                SR630NA0C5-5007349    SMARTRG-630N
005                SR630NA016-5002150    SMARTRG-630N
005                SR320NA0C7-5002358    SMARTRG-320N
005                48575443AB5148A0     HG8245W5-HUAWEI
005                48575443AB514AA0     HG8245W5-HUAWEI
005                48575443AB5058A0     HG8245W5-HUAWEI
=====
PF2=> CONSULTA      PF3=> TIPOS DE TECNOLOGIA  PF7=> ANTERIOR  PF8=> SIGUIENTE
=====
***                UTILICE PF8 PARA VER MAS INFORMACION                ***

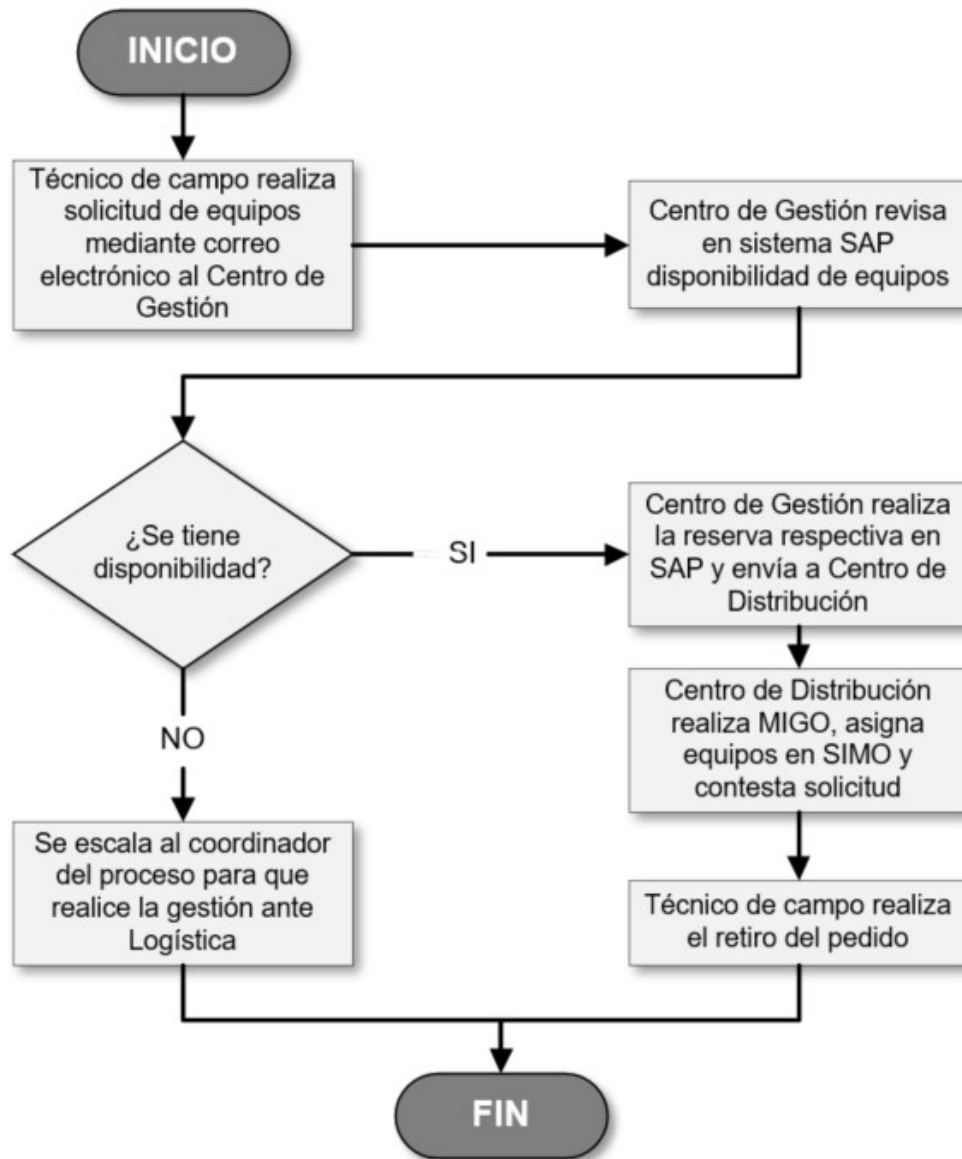
```

Fuente: Elaboración propia

Seguidamente el gestor de Centro de Distribución procede a realizar la entrega de equipos al personal técnico de campo en una caja de cartón, misma que es depositada por este en el vehículo y ahí se mantienen mientras van siendo utilizados.

El proceso descrito anteriormente se puede visualizar de una forma ágil en el diagrama de flujo de la figura 14.

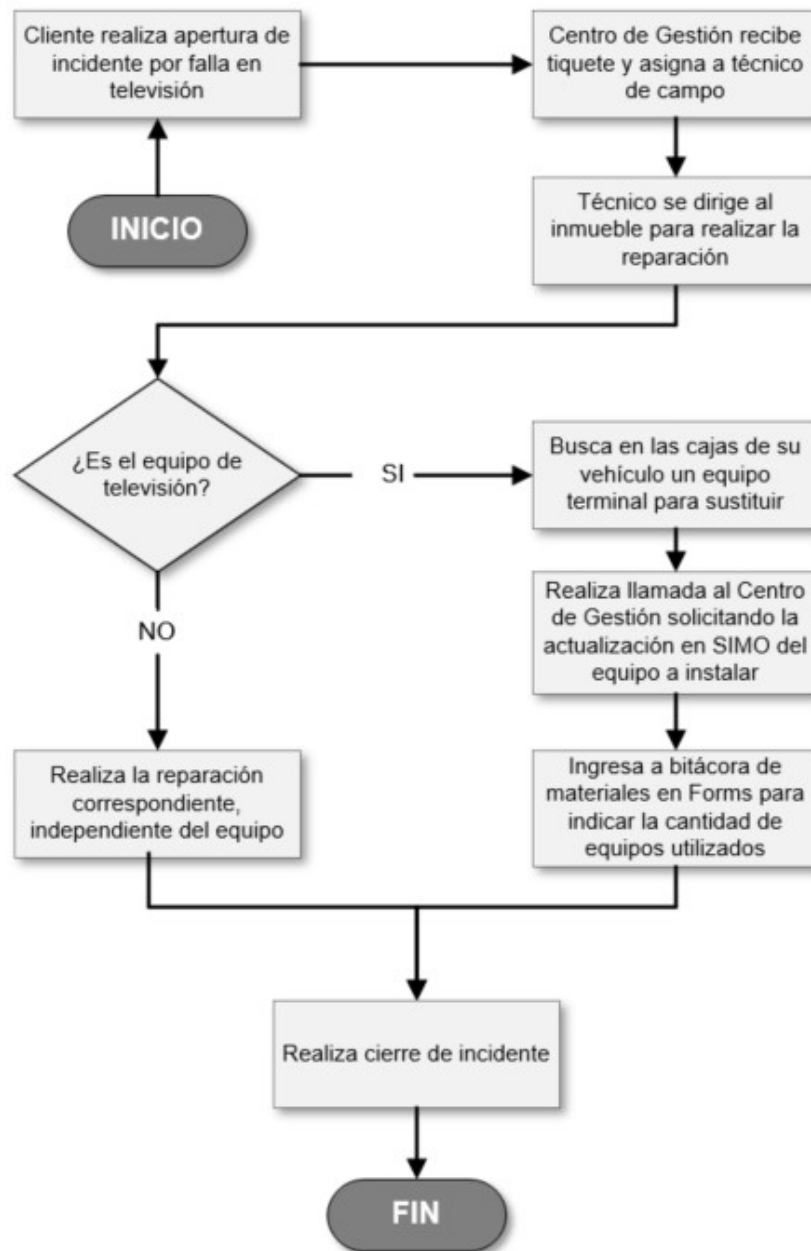
Figura 14 Diagrama de flujo del proceso actual para solicitud



Fuente: Elaboración propia

En la figura 15 es posible observar el proceso actual para uso y actualización de equipos terminales de televisión, como se muestra es completamente manual y susceptible a error humano.

Figura 15 Diagrama de flujo del proceso actual de uso y actualización



Fuente: Elaboración propia

4.2 RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la realización de este proyecto se utilizaron diferentes herramientas para adquirir toda la información necesaria y así obtener una solución efectiva para el problema planteado, desde históricos de datos, hasta entrevistas con el usuario experto.

4.2.1 Recopilación de datos.

Se utilizaron archivos que contienen el histórico de instalaciones e incidencias presentadas durante el segundo semestre del año 2024, en este se filtró todo servicio que cuenta con televisión para asegurar que estamos trabajando sobre el punto medular debido a la cantidad de clientes que representa.

4.2.2 Observación.

La herramienta de observación fue provechosa realizando una lista de verificación con las diferentes variables que afectan el proceso de solicitud y asignación de equipos terminales de televisión, así como el respectivo almacenamiento y uso, este documento se encuentra en el Anexo 02.

Podemos resumir entre las más importantes:

- La cantidad de equipos según sistema en poder de técnico no corresponde al inventario físico que posee cada uno en sus vehículos, por tanto, se puede sufrir de desabastecimiento.
- Daños en los equipos terminales por la mala forma de almacenamiento.

- El acceso a los cajones de vehículos donde se colocan los equipos es de difícil acceso.
- No se cuenta con rotulación para diferenciar entre equipos buenos y dañados.

4.2.3 Entrevista

Reforzando los datos obtenidos con base en la observación del proceso actual, se realizó una entrevista a una persona experta por área involucrada en este. En el Anexo 03 se encuentran los documentos con cada una de las entrevistas.

La opinión general de los entrevistados es que no se cuenta con un sistema automatizado para controlar la solicitud, asignación, entrega, almacenamiento y uso de los equipos terminales de televisión, pues el proceso actual consta de 2 sistemas independientes para el control y la confianza en la forma en que el técnico realiza la actualización de su uso.

Aunado a lo anterior, realizar el inventario físico de los técnicos tiene una duración aproximada de 3 horas por técnico y solo en San José se cuenta con 51, lo que equivale a un total de 153 horas hombre e involucra al técnico y el gestor administrativo.

Es indispensable contar siempre con un inventario real de equipos disponibles para evitar el desabastecimiento, lo cual afectaría no solo realizar la instalación de nuevos servicios, sino también, reparar averías a clientes que presenten problemas con su servicio de televisión. El valor económico de cada uno de estos equipos se

encuentra entre los \$100 y \$300 cada uno, aumentando la importancia de un control robusto.

4.2.4 Tecnológico y Experimentación

Para la realización de este proyecto nos apoyaremos en las herramientas tecnológicas y experimentación, seleccionaremos los elementos necesarios para desarrollar el proyecto modificando variables y validando su comportamiento para aplicarlo a la resolución del problema planteado en este trabajo escrito.

4.3 PROPUESTA DEL PROYECTO

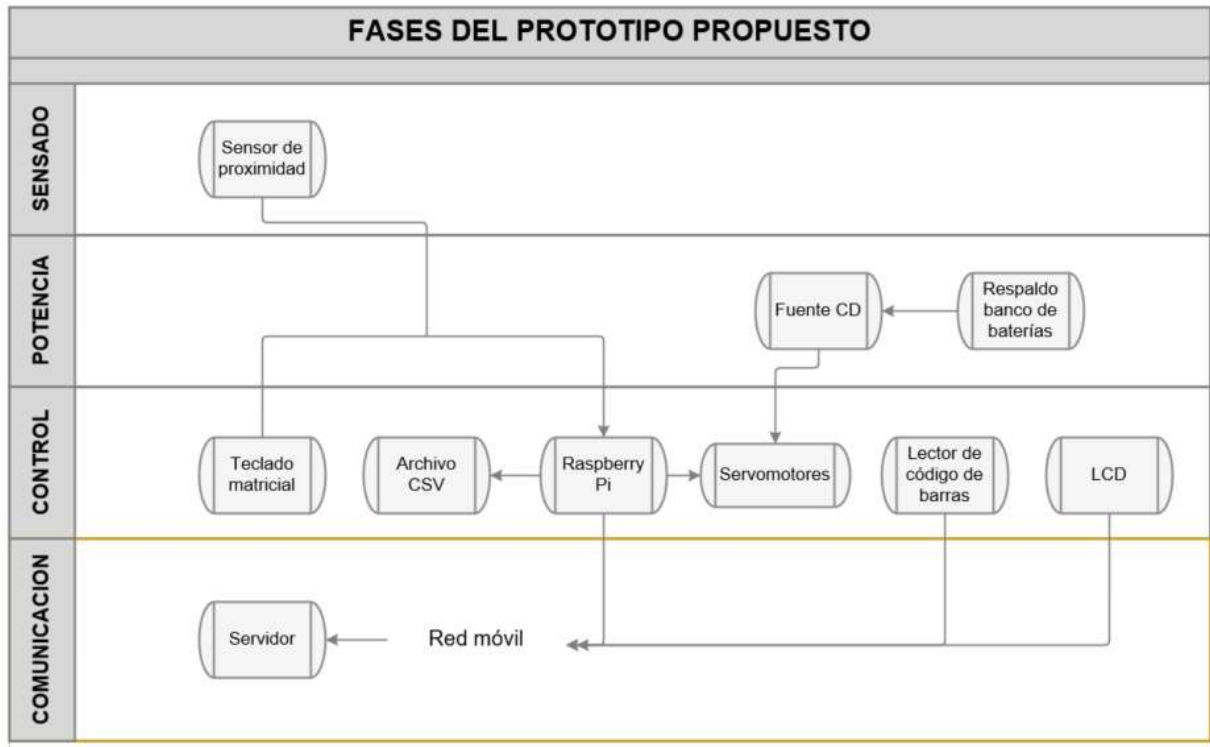
Para optimizar el control y uso de los equipos terminales de televisión en el proceso de Entrega y Aseguramiento de los servicios se realizó un prototipo de solución, en la figura 16 se muestra una visualización por bloques, donde se observan las cuatro etapas según la función a desempeñar.

Inicialmente el dispositivo propuesto posee un sensor de proximidad por medio del cual se activará el sistema, este se mantendrá en estado suspendido debido a que es móvil y se requiere el mínimo consumo de energía mientras no está en uso.

Para la interacción con el usuario se agrega una pantalla LCD que brindará la información de los pasos a seguir para solicitar el dispensado del equipo necesario. Adicional a este tendrá un teclado matricial, donde el usuario introducirá los datos requeridos por el Raspberry Pi para iniciar el proceso del dispositivo, activando el

lector de barras para registrar la serie del equipo y los motores que moverán la banda correspondiente hasta dispensar el mismo.

Figura 16 Diagrama de bloques del prototipo propuesto



Fuente: Elaboración propia

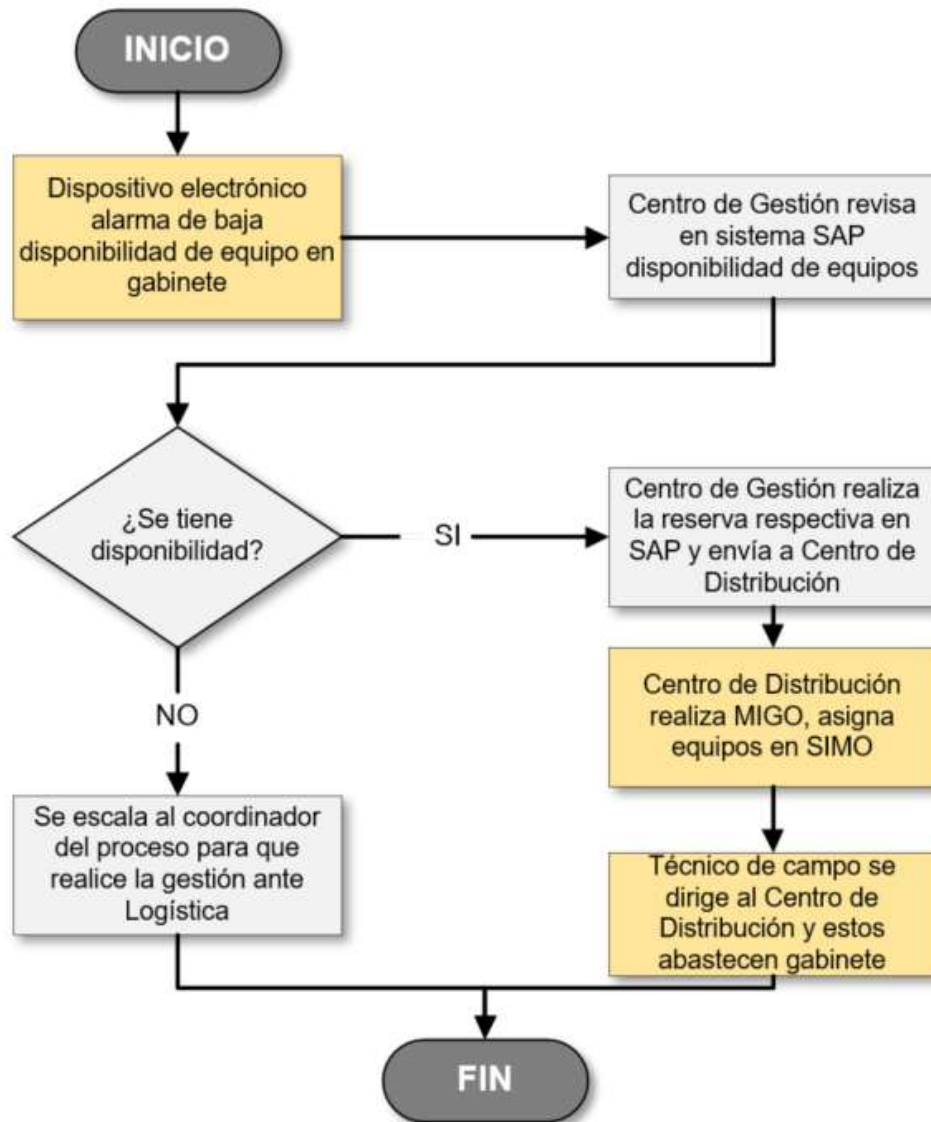
El Raspberry Pi será programado para ser usado como un dispositivo de control que activará el sistema con base en la información suministrada por el usuario y enviará esta mediante señal WiFi a un servidor remoto para su resguardo.

Como complemento del sistema, se creará una alerta lumínica para indicar al técnico cuando debe dirigirse al Centro de Distribución y abastecer el dispositivo de equipos.

Importante indicar se suplirá al vehículo con un dispositivo de datos móviles para mantener siempre en línea el sistema de dispensado de equipos terminales de televisión.

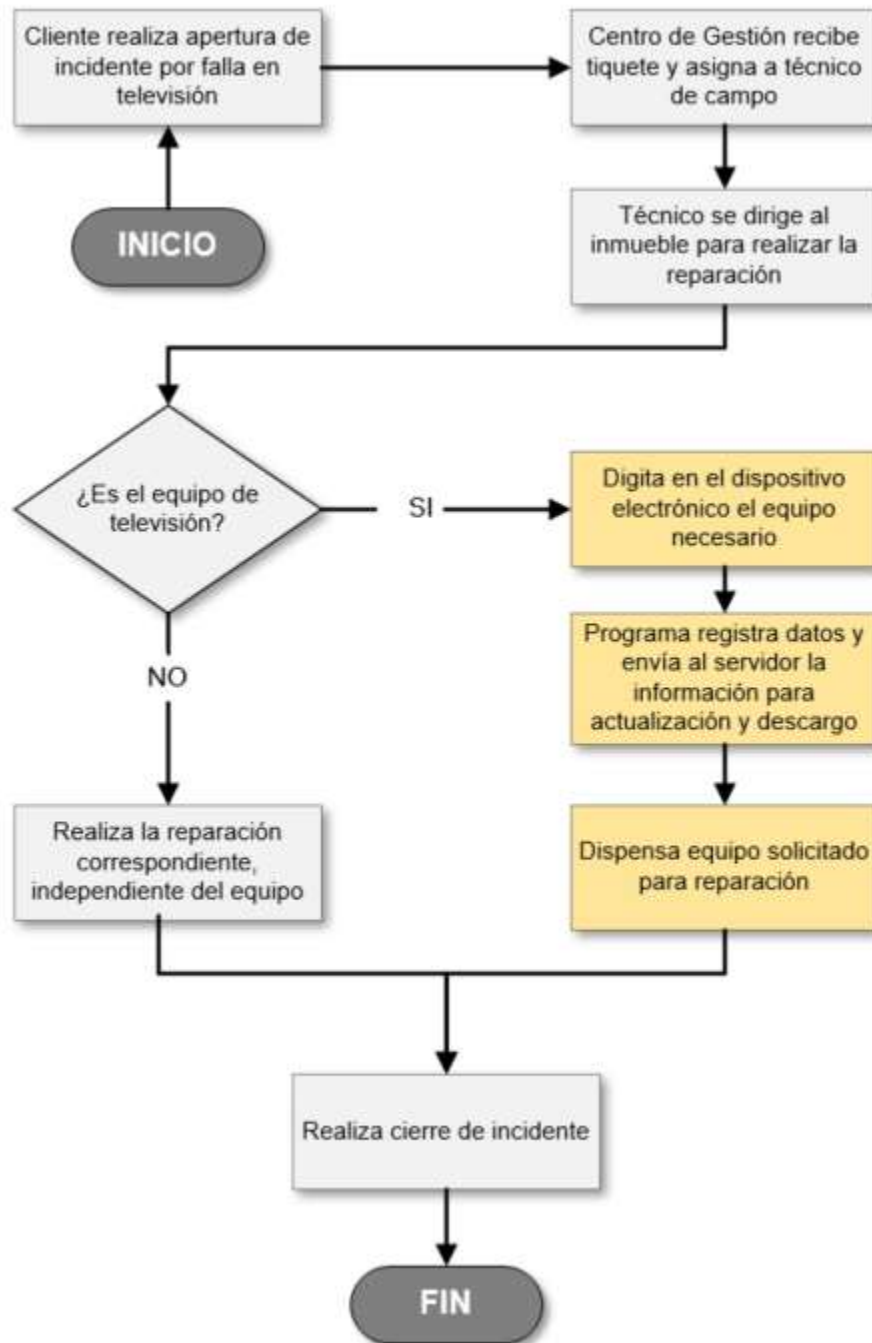
En la figura 17 es posible visualizar el diagrama de flujo de solicitud de equipos con el prototipo propuesto implementado, así como en la figura 18 se observa el nuevo flujo de uso y actualización de estos, como podemos ver se automatiza la solicitud, actualización y descargo en sistemas al personal técnico. Los diagramas son similares a los mostrados en las figuras 14 y 15, pero en amarillo podemos observar los procesos añadidos. Estos fueron creados con el fin de lograr una mejor comprensión del prototipo planteado.

Figura 17 Diagrama de flujo del proceso propuesto para solicitud de equipos



Fuente: Elaboración propia

Figura 18 Diagrama de flujo del proceso propuesto de uso y actualización



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V

DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO

5.1 DESCRIPCION DE LA PROPUESTA

El diseño del sistema electrónico automatizado móvil de dispensado y control de uso en tiempo real para equipos terminales de televisión, surge de la necesidad de mejorar los procesos operativos de entrega y aseguramiento de servicios de video en el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), específicamente en la zona de San José. El sistema debía ser lo suficientemente robusto, móvil, autónomo y capaz de operar en condiciones variadas, considerando la movilidad de los técnicos en campo y la necesidad de trazabilidad en tiempo real.

Para su diseño, se partió del análisis funcional del proceso actual de entrega de equipos, identificando puntos críticos como el registro manual de datos, la alta dependencia del personal de soporte en oficina y los errores recurrentes en la trazabilidad de los equipos. Se definieron requerimientos técnicos orientados a la automatización de las tareas clave: ingreso de datos por parte del técnico, validación de la propiedad del equipo, dispensación física del dispositivo y registro digital del evento.

La elección de la Raspberry Pi 5 como unidad central del sistema se basó en su bajo consumo energético, facilidad de programación, múltiples puertos de entrada/salida y compatibilidad con sistemas operativos basados en Linux, lo que facilitó el desarrollo de un entorno de ejecución estable y controlado. Además, permite conexión a internet, acceso a periféricos USB y control de hardware en tiempo real.

Desde el punto de vista físico, el sistema fue conceptualizado para ser instalado en el espacio trasero de los vehículos que utiliza el personal técnico. Su estructura incluye una tolva de carga para almacenar los equipos terminales, un sistema de selección automática (según el tipo de servicio KATv o IPTv), y una banda transportadora que guía el dispositivo hacia la parte frontal del sistema para su entrega al técnico. Cada componente fue integrado considerando el uso eficiente del espacio, la facilidad de mantenimiento y la resistencia mecánica durante el transporte.

Finalmente, el diseño contempló la interacción hombre-máquina, incluyendo una pantalla LCD 16x2 para guiar al usuario y un teclado 4x4 que permite ingresar credenciales, números de orden y seleccionar opciones de forma intuitiva. Se buscó que el flujo de operación fuera secuencial, guiado, y que previniera errores operativos mediante validaciones lógicas antes de permitir la dispensación del equipo.

5.2 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

El prototipo del sistema fue concebido y desarrollado en múltiples etapas funcionales, cada una de ellas diseñada para abordar necesidades específicas del proceso de entrega y aseguramiento de equipos terminales utilizados en los servicios de video del ICE, específicamente en la Zona Metropolitana Este, subzona San José. Esta sección describe en detalle el diseño, construcción e implementación del sistema automatizado, considerando tanto su integración tecnológica como su adaptabilidad al entorno operativo.

En el análisis inicial se evaluaron las características técnicas, resistencia mecánica y compatibilidad de los componentes seleccionados, priorizando aquellos que ofrecieran mayor robustez, bajo consumo energético, facilidad de integración y disponibilidad en el mercado local. Las decisiones de diseño también tomaron en cuenta las condiciones reales en campo, asegurando que el dispositivo cumpla con las exigencias del cliente final y brinde una experiencia de usuario intuitiva, segura y eficiente.

El sistema fue desarrollado bajo un enfoque modular, estructurado en las siguientes etapas principales: potencia, control, comunicación, arquitectura del software y registro de datos. Estas etapas se implementaron de forma secuencial y posteriormente se integraron como un sistema unificado. La interacción del técnico con el dispensador se realiza a través de un teclado matricial, mediante el cual se ingresan los datos requeridos. A partir de esta información, el sistema identifica la necesidad, ejecuta la dispensación del equipo y registra automáticamente la transacción en una hoja de cálculo en línea, habilitada mediante la API de Google Drive.

5.2.1 Etapa de potencia.

Dado que el dispositivo está destinado a ser instalado dentro de vehículos de atención técnica, la fuente de energía debía ser autónoma. Para esto, se utilizó una batería de vehículo de 12V adicional, encargada de alimentar tanto los actuadores lineales como el motor de la banda transportadora. A fin de garantizar el funcionamiento estable de la Raspberry Pi 5, se empleó un convertidor reductor de

voltaje (step-down converter) que transforma los 12V de la batería en 5V DC regulados. Esta solución permite operar el sistema de manera continua en entornos móviles sin depender de la red eléctrica comercial.

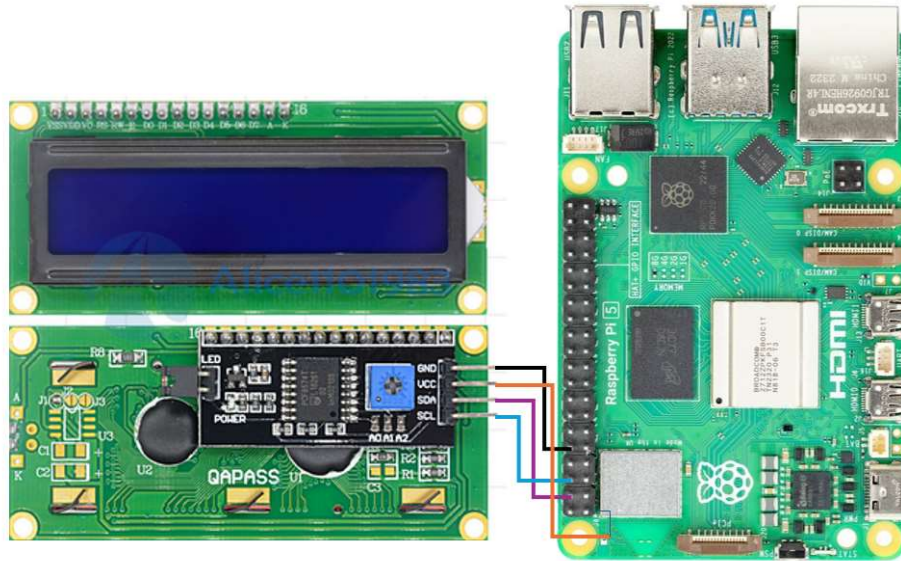
5.2.2 Etapa de control.

Esta es la etapa central del sistema, ya que gestiona el procesamiento lógico y la activación de periféricos en función de los datos ingresados. Está constituida por una Raspberry Pi 5 que actúa como unidad de control principal. Entre los dispositivos conectados a la Raspberry se encuentran:

5.2.2.1 Pantalla de cristal líquido.

Se utiliza una pantalla LCD 16x2 con interfaz I2C, la cual permite visualizar mensajes clave para la operación del sistema. Esta pantalla orienta al usuario en tiempo real, mostrando solicitudes como "Ingrese usuario", "Escanee equipo anterior", "Equipo dispensado" y errores como "Clave incorrecta". La comunicación se realiza a través del protocolo I2C usando los pines GPIO 2 (SDA) y GPIO 3 (SCL) (ver figura 19).

Figura 19 Conexiones del Raspberry Pi con LCD



Fuente: Elaboración propia

5.2.2.2 Teclado matricial.

Se integró un teclado metálico de 4x4, con diseño robusto para uso en campo. Este permite el ingreso de usuario, contraseña, número de orden de trabajo y confirmaciones. Está conectado a la Raspberry mediante pines GPIO configurados para leer filas y columnas de forma escaneada, estos son los GPIO 14, 15, 18, 23, 24, 25, 8 y 7 (ver figura 20).

Figura 20 Conexiones del Raspberry Pi con teclado matricial



Fuente: Elaboración propia

5.2.2.3 Lector de código de barras.

Se incorporaron dos lectores de código de barras USB tipo omnidireccional: uno para escanear el equipo anterior, si la selección de propiedad es ICE y otro ubicado en la salida de la banda transportadora, encargado de registrar automáticamente el equipo a entregar. Ambos lectores se comunican con la Raspberry como dispositivos HID, emulando un teclado (ver figura 21).

Figura 21 Conexiones del Raspberry Pi con lectores de código de barras

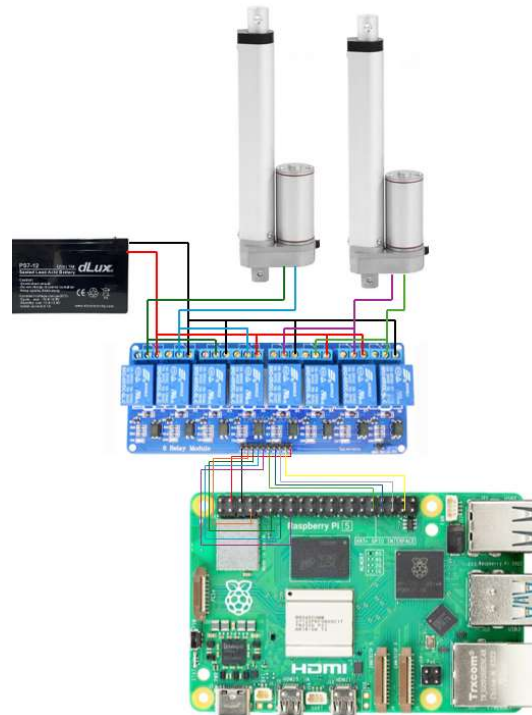


Fuente: Elaboración propia

5.2.2.4 Sensor óptico y relés

El sensor TCRT5000 con comparador LM393 permite detectar la presencia de equipos en la tolva. En caso de ausencia, activa un LED rojo de advertencia, estos se encuentran controlados mediante los GPIO 5 y 10, para el encendido de LED los GPIO 9 y 11. Además, se utilizan relés para controlar los actuadores de KATv e IPTv, 4 por actuador, garantizando la secuencia de salida y retorno, activando los GPIO 4, 17, 27, 22 y 6, 13, 19, 26 respectivamente (ver figura 22).

Figura 22 Conexiones del Raspberry Pi con actuadores

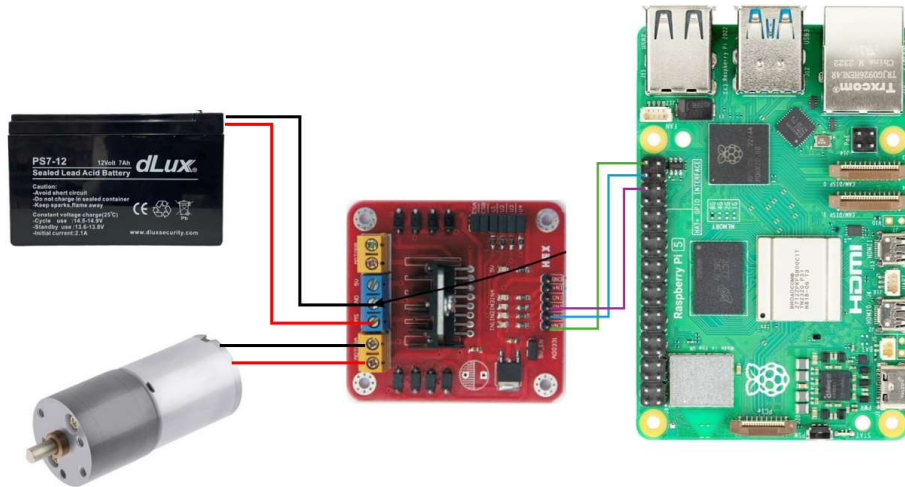


Fuente: Elaboración propia

5.2.2.5 Motor de corriente continua y banda transportadora

El motor reductor metálico con eje tipo D de 12V acciona la banda transportadora por un tiempo determinado tras el empuje del equipo. Este motor está controlado por un puente H L298N conectado a los pines GPIO 16, 20 y 21 de la Raspberry. La banda traslada el equipo desde la tolva hasta el punto de retiro final (ver figura 23).

Figura 23 Conexiones del Raspberry Pi con el motor DC



Fuente: Elaboración propia

5.2.2.6 Archivo CSV.

La Raspberry genera un archivo CSV local en cada operación exitosa. Este archivo contiene campos como fecha, usuario, orden de trabajo, tipo de servicio, propietario del equipo anterior, código de equipo anterior y nuevo, así como el estado de la operación y de la tolva, si es necesario recargar equipos se mostrará en el CSV.

5.2.3 Etapa de comunicación.

Una vez generado el archivo CSV, se activa una rutina que autentica la cuenta de Google Drive mediante credenciales previamente autorizadas. Usando la API oficial de Google, el sistema sube automáticamente la información a una hoja de cálculo compartida, permitiendo así a supervisores y áreas de logística visualizar las transacciones en tiempo real desde cualquier lugar. Esta solución mejora la trazabilidad de los equipos y reduce el margen de error en la actualización de inventarios.

5.2.4 Arquitectura del software.

El sistema fue programado en lenguaje Python, priorizando la estabilidad y modularidad del código. Se utilizaron bibliotecas como I2C para control eficiente de pines en tiempo real, smbus2 para comunicación I2C, datetime para el registro temporal, y googleapiclient para la interacción con Google Drive. El flujo del software contempla las siguientes fases secuenciales:

5.2.4.1 Inicialización de periféricos.

En esta etapa el programa configura todos los periféricos necesarios para el correcto funcionamiento del sistema. Se definen los pines GPIO para los actuadores, sensores, motor de la banda y teclado. Se inicializa la pantalla LCD utilizando la interfaz I2C, y se realiza una prueba de comunicación con los lectores de código de barras. Cualquier error en esta etapa impide el arranque del sistema (ver figura 24).

Figura 24 Inicialización de sistema



Fuente: Elaboración propia

5.2.4.2 Solicitud y validación de credenciales.

Se solicita al usuario ingresar su identificación (ver figura 25) y contraseña a través del teclado 4x4 (ver figura 26). El sistema compara estos datos con una lista predefinida de usuarios autorizados. De no coincidir, se deniega el acceso y se reinicia el proceso (ver figura 27).

Figura 25 Solicitud usuario de sistema



Fuente: Elaboración propia

Figura 26 Solicitud clave de acceso a sistema



Fuente: Elaboración propia

Figura 27 Validación de acceso a sistema



Fuente: Elaboración propia

5.2.4.3 Verificación de orden de trabajo.

Una vez autenticado el usuario, se solicita el ingreso de un número de orden de trabajo de 8 dígitos (ver figura 28). El sistema valida que el formato sea correcto y lo asocia con el registro (ver figura 29).

Figura 28 Solicitud orden de trabajo



Fuente: Elaboración propia

Figura 29 Validación número de orden de trabajo



Fuente: Elaboración propia

5.2.4.4 Selección equipo requerido.

El técnico debe seleccionar si requiere un equipo de tipo KATv o IPTv (ver figura 30). Esta selección activa lógicamente el actuador correspondiente, aunque la acción física se ejecuta más adelante.

Figura 30 Selección tipo de equipo



Fuente: Elaboración propia

5.2.4.5 Evaluación propiedad equipo.

El sistema pregunta al usuario si el equipo anterior pertenece al ICE, al cliente o es un nuevo servicio (ver figura 31). En caso de ser propiedad del ICE, se activa el lector de código de barras para escanear el equipo devuelto.

Figura 31 Solicitud de propiedad de equipo



Fuente: Elaboración propia

5.2.4.6 Procesamiento de solicitud.

Luego de escanear el equipo anterior en caso necesario (ver figura 32), el sistema espera confirmación mediante la tecla # que funciona como Enter. A partir de ese momento, activa el actuador del tipo de servicio requerido, seguido por la activación del motor de la banda transportadora. Durante este trayecto, el segundo lector escanea automáticamente el código de barras del equipo entregado (ver figura 33 y 34).

Figura 32 Solicitud de serie anterior si es un cambio



Fuente: Elaboración propia

Figura 33 Registro de equipo a entregar



Fuente: Elaboración propia

Figura 34 Equipo entregado y fin de proceso



Fuente: Elaboración propia

5.2.4.7 Registro de solicitud.

Todos los datos se almacenan en un archivo CSV local y luego son enviados a una hoja de cálculo en Google Drive. El registro incluye: fecha, usuario, orden, tipo de servicio, propiedad del equipo anterior, código de equipo anterior, código de equipo entregado y estado del proceso (ver figura 35 y 36).


Figura 35 Archivo CSV

2025-06-29 16:25:55	1121	12345678	2	ICE	7579560010550	7579560010550	OK
2025-06-29 16:44:18	1121	12345645	1	ICE	7579560010550	7579560010550	OK
2025-06-29 16:47:45	1483	45678985	2	CLIENTE	NA	1 InputSubmissi	OK
2025-06-30 15:21:29	1483	12345678	1	CLIENTE	NA	7579560010550	OK
2025-06-30 15:56:53	1483	12345678	1	ICE	7579560010550	7579560010550	OK
2025-06-30 16:13:32	1483	12345678	1	ICE	7579560010550	7579560010550	OK
2025-06-30 16:17:53	1483	55555555	1	CLIENTE	NA	1 InputSubmissi	OK
2025-06-30 16:19:29	1483	12345623	1	ICE	1 InputSubmissi	1 InputSubmissi	OK







Fuente: Elaboración propia

Figura 36 Carpeta actualizada en línea en Google Drive

▼ Carpetas sugeridas


Dispensador STB
En Mi unidad

▼ Archivos sugeridos

Nombre	Motivo por el que se te sugiere	Propietario	Ubicación
 registro_dispensa.csv	Lo has abierto • 16:26	 yo	 Mi unidad
 registro_dispensador	Lo has abierto • 30 may 2025	 yo	 Dispensador STB

Fuente: Elaboración propia

Estas fases garantizan una operación automatizada, segura y trazable del dispensador, alineada con los requerimientos de eficiencia, seguridad y registro del ICE.

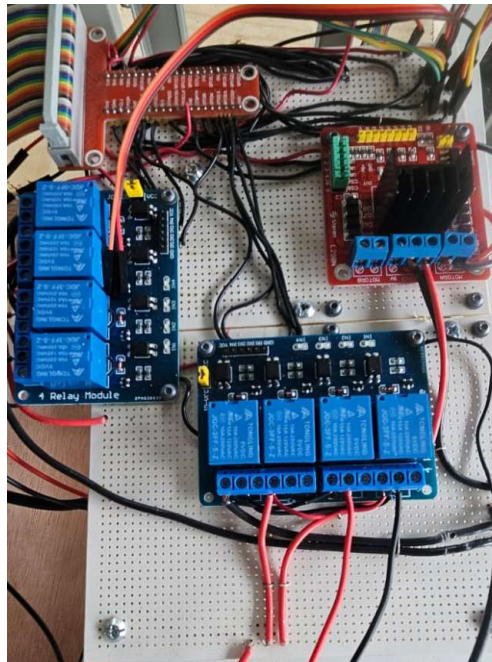
5.3 IMPLEMENTACIÓN DEL DISPOSITIVO

El proceso de construcción e implementación del sistema automatizado de dispensado de equipos terminales de televisión se llevó a cabo conforme a la planificación técnica planteada, con el objetivo de integrar de forma coordinada las

etapas de sensado, control, potencia, almacenamiento de datos y comunicación. La ejecución del proyecto permitió migrar de un proceso manual con baja trazabilidad a un sistema confiable, automatizado y con respaldo en tiempo real.

Inicialmente, se desarrolló el diseño del sistema, en el cual se definieron los flujos lógicos y físicos necesarios para el correcto funcionamiento. A partir de este diseño, se identificaron las entradas y salidas requeridas, así como los dispositivos que permitirían la interacción entre el usuario técnico y la unidad de control. Se trabajó en la selección y ubicación estratégica de los elementos principales: teclado matricial 4x4, pantalla LCD con interfaz I2C, escáner de código de barras USB, sensores ópticos, relés, actuadores lineales, un motor de banda transportadora y la Raspberry Pi 5 como cerebro del sistema (ver figura 37).

Figura 37 Placa soldada de conexiones del Raspeberry Pi a los diferentes módulos



Fuente: Elaboración propia

Para capturar la información necesaria para operar el dispensador, se habilitó una etapa de sensado que incluyó el teclado y el escáner. Mediante el teclado, el técnico puede introducir su nombre, contraseña y el número de orden de trabajo. Posteriormente, el sistema le solicita escanear el equipo anterior en caso de que la propiedad sea del ICE. Esta acción se realiza a través de un lector de código de barras omnidireccional, lo cual permite identificar de forma precisa el número de serie del dispositivo.

Asimismo, se integró un sensor óptico TCRT5000 con comparador LM393 (ver figura 38) en la tolva donde se almacenan los equipos. Este sensor permite detectar la presencia de equipos disponibles. Cuando no se detecta reflejo, es decir, no hay equipo presente, se activa automáticamente un LED de alerta que avisa al usuario sobre la necesidad de reabastecer la tolva.

Figura 38 Sensor TCRT5000 con comparador LM393



Fuente: Elaboración propia

Toda esta información es procesada por la Raspberry Pi, que mediante un algoritmo programado en Python determina las acciones a seguir. Una vez validados todos los parámetros de entrada, el sistema procede a activar el actuador correspondiente según el tipo de equipo requerido: KATv o IPTv. Cada tipo de equipo cuenta con un actuador lineal de 12V controlado por un conjunto de relés, que se activa únicamente cuando se ha completado correctamente la autenticación y escaneo requerido (ver figura 39 y 40).

Figura 39 Escáner para equipo retirado



Figura 40 Escáner para equipo a entregar



Fuente: Elaboración propia

Una vez que el actuador empuja el equipo (ver figura 41), este cae sobre una banda transportadora impulsada por un motor de corriente continua (ver figura 42). El motor es controlado a través de un puente H modelo L298N, el cual recibe la señal desde la Raspberry para activarse durante un tiempo determinado. Esta banda se encarga de trasladar el equipo dispensado hasta la salida final, donde puede ser retirado por el técnico. Durante este proceso, se ejecuta una segunda lectura con el escáner para registrar el código del equipo entregado.

Figura 41 Actuador empujando equipo



Fuente: Elaboración propia

Figura 42 Equipo en banda transportadora



Fuente: Elaboración propia

Toda la información generada durante el proceso es almacenada automáticamente en un archivo CSV local, el cual contiene los siguientes datos: fecha y hora, nombre del técnico, número de orden, tipo de servicio, propiedad del equipo anterior, número de serie del equipo escaneado y estado de la operación. Posteriormente, este archivo es cargado a una hoja de cálculo en línea de Google Drive mediante la API oficial, lo que permite disponer de los registros en tiempo real desde cualquier ubicación (ver figura 43).

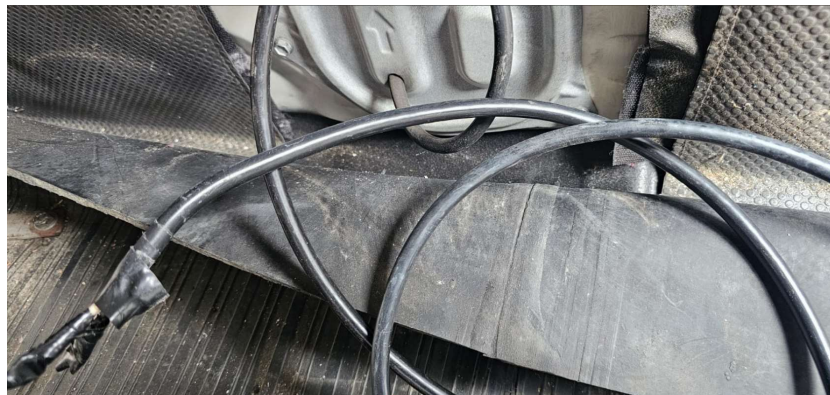
Figura 43 Archivo CSV actualizado

2025-07-02 19:16:56	1121	12345678	2	ICE	7501199427072	7501199427072	ALERTA
2025-07-02 19:23:35	1483	14567812	2	CLIENTE	NA	7501199427072	ALERTA
2025-07-02 19:25:15	1121	12345678	2	CLIENTE	NA	1 InputSubmission(ALERTA
2025-07-02 19:33:20	1121	12345678	2	CLIENTE	NA	7501199427072	OK
2025-07-02 19:34:57	1121	12345678	2	CLIENTE	NA	1 InputSubmission(ALERTA
2025-07-02 19:37:02	1121	12345678	2	CLIENTE	NA	1 InputSubmission(ALERTA
2025-07-02 19:38:34	1121	12345678	2	CLIENTE	NA	1 InputSubmission(ALERTA
2025-07-02 19:40:13	1483	12345678	2	CLIENTE	NA	1 InputSubmission(ALERTA
2025-07-02 19:42:35	1121	12345678	2	CLIENTE	NA	2183381X01082	ALERTA
2025-07-02 19:44:55	1121	12356456	2	CLIENTE	NA	1 InputSubmission(ALERTA
2025-07-02 19:47:10	1121	12345678	2	CLIENTE	NA	1 InputSubmission(ALERTA
2025-07-02 19:49:02	1121	12345678	2	CLIENTE	NA	162500418	ALERTA
2025-07-02 19:50:46	1121	12345678	2	CLIENTE	NA	162500418	ALERTA

Fuente: Elaboración propia

Para resguardar todos los componentes electrónicos, se fabricó un gabinete con materiales metálicos y acrílico (ver figura 45) que protege al sistema de la humedad, el polvo y otras condiciones ambientales adversas. Dentro del gabinete se ubicaron de forma ordenada los relés, la Raspberry Pi, el puente H, las fuentes de alimentación (ver figura 44) y el cableado estructurado. Se utilizó cables estañado recubierto para una mejor distribución. Además, se colocó un interruptor principal en la parte lateral que permite encender o apagar el sistema de forma segura en caso de emergencia o mantenimiento.

Figura 44 Cable desde batería de 12V para alimentación



Fuente: Elaboración propia

Figura 45 Instalación de dispensador en móvil ICE



Fuente: Elaboración propia

Durante la fase de pruebas (ver figura 46), se realizaron múltiples simulaciones del proceso completo, desde la autenticación hasta la entrega de equipos. Estas pruebas permitieron verificar el correcto funcionamiento de cada módulo y realizar ajustes en los tiempos de activación de los motores, los filtros de validación de datos y los umbrales de detección de los sensores. También se verificó la consistencia entre la información escaneada y la registrada en el archivo de respaldo, validando que no existieran errores de sincronización.

Figura 46 Pruebas de funcionalidad del dispositivo

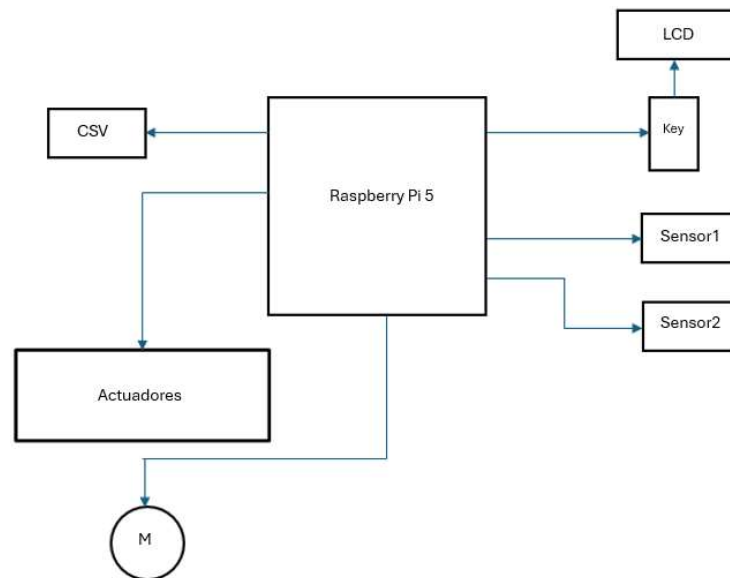


Fuente: Elaboración propia

En las pruebas finales de campo, se simuló la operación con varios técnicos de forma continua durante varios ciclos, lo que permitió confirmar que el sistema era estable y confiable. El LED de alerta respondió correctamente cuando el sensor detectó niveles bajos en la tolva, el motor activó la banda en el momento adecuado y todos los datos fueron registrados correctamente. El flujo completo de trabajo demostró ser funcional, eficiente y adaptado a las necesidades reales de los técnicos de campo (ver figura 47).

La implementación final integró todos los elementos de forma ordenada, permitiendo que el sistema opere de manera autónoma con intervención mínima del usuario (ver figura 48). Este sistema representa una mejora sustancial en términos de trazabilidad, eficiencia operativa y control de inventario. Además, sienta las bases para futuras mejoras, como integración con otros sistemas del ICE, alertas remotas o escalabilidad para otras zonas.

Figura 47 Conexión macro de los dispositivos implementados



Fuente: Elaboración propia

Figura 48 Dispensador instalado en vehículo del ICE



Fuente: Elaboración propia

Gracias a una planificación adecuada, una integración técnica meticulosa y una validación exhaustiva, se logró desarrollar un sistema automatizado confiable, que resuelve una problemática real y que genera un impacto positivo en la gestión logística de los servicios de televisión ofrecidos por el Instituto Costarricense de Electricidad.

El sistema mostró tiempos de respuesta adecuados, validación robusta de entradas y una operación sincronizada entre los módulos. Se documentaron logs de cada operación para análisis posterior y se realizó un análisis de eficiencia, identificando una reducción del 80% en el tiempo de gestión del equipo en comparación con el proceso manual tradicional.

5.4 CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO

El sistema opera a 12 VDC, alimentado desde la batería del vehículo mediante un fusible de protección y un conversor adecuado. Todos los componentes eléctricos fueron verificados para garantizar su funcionamiento bajo condiciones de vibración, calor y polvo. El sistema fue instalado sobre una base aislante, utilizando soportes antivibración para proteger la Raspberry Pi y el cableado.

El sistema se inicia automáticamente al recibir energía del vehículo. Un usuario técnico autorizado debe ingresar sus credenciales y seguir el flujo lógico establecido. La interfaz está diseñada para operar en condiciones de poca visibilidad gracias al contraste de la pantalla LCD.

En caso de falla eléctrica, se cuenta con un banco de baterías de respaldo con autonomía de aproximadamente 2 horas. También se desarrolló un sistema de

alerta mediante un sensor infrarrojo TCRT5000 con LM393, que detecta si la tolva se encuentra baja. Este sensor activa un LED indicador en el panel frontal y deja constancia del evento en el archivo de registros.

Durante las pruebas de campo, el sistema demostró ser capaz de funcionar de forma continua por más de 8 horas diarias sin fallos, con capacidad para operar en entornos móviles y con oscilaciones de voltaje propias del sistema eléctrico automotriz.

Con la implementación del sistema fue posible eliminar el dictado de series vía telefónica a los gestores, por el contrario, la lectura es precisa mediante el lector de código de barra.

Aunado a lo anterior, se obtiene una gran ventaja informando tanto al Centro de Gestión mediante el registro en drive, como al usuario por la luz indicativa sobre la necesidad de reabastecerse previendo de esta forma el tiempo requerido para esta acción.

Por su parte como detalle importante en el desarrollo e implementación del dispositivo, se obtiene un respaldo en tiempo real de la utilización de equipos de video para la atención de averías e instalaciones, siendo posible obtener gráficas de uso y tiempo.

5.5 ANÁLISIS DE COSTOS

En la tabla 4 se muestra el desglose de cada material y componentes utilizados en la construcción y funcionamiento del sistema dispensador de equipos de KATv e IPTv, así como las cantidades necesarias y su costo.

Tabla 4. Costos de materiales utilizados

Artículo	Precio	Cantidad	Precio total
Raspberry Pi 5	€80 000,00	1	€80 000,00
Tarjeta microSD 32GB Clase 10	€5 700,00	1	€5 700,00
Pantalla LCD 16x2 con interfaz I2C	€3 000,00	1	€3 000,00
Teclado metálico matricial 4x4	€15 000,00	1	€15 000,00
Escáner de código de barras NetumScan	€15 000,00	2	€30 000,00
Módulo de relés de 8 canales	€3 500,00	2	€7 000,00
Puente H L298N	€4 900,00	1	€4 900,00
Motor con carcasa metálica tipo D	€10 590,00	1	€10 590,00
Actuadores lineales 12V DC	€15 000,00	2	€30 000,00
Sensor infrarrojo TCRT5000 con LM393	€1 490,00	2	€2 980,00
LED indicador	€500,00	1	€500,00
Resistencia	€500,00	1	€500,00
Conectores Dupont	€3 500,00	1	€3 500,00
Batería de respaldo 12V 7Ah	€9 075,00	1	€9 075,00
Batería de carro	€55 900,00	1	€55 900,00
Fusibles y portafusibles	€2 000,00	1	€2 000,00
Gabinete	€40 000,00	1	€40 000,00
Cable estañado negro (metros)	€210,00	5	€1050,00
Cable estañado rojo (metros)	€190,00	5	€950,00
Cable #18 rojo (metros)	€300,00	3	€900,00
Cable #18 negro (metros)	€300,00	3	€900,00
Router inalámbrico móvil	€29 000,00	1	€29 000,00
Estaño	€1 695,00	2	€3 390,00
Total	€297 350,00	-	€336 835,00

Fuente: Elaboración propia

Mayormente los materiales fueron adquiridos en distribuidores locales, artículos como el teclado, gabinete, inversor y router fueron brindados por la empresa como material reutilizado por lo cual su costo real es ₡0, sin embargo, se incluyó su valor en la tabla. A pesar de que prácticamente el total de componentes se encuentran en el mercado nacional, fue necesario importar los actuadores de 12V pues no fue posible adquirirlos en Costa Rica.

Asimismo, es fundamental considerar los costos asociados a cada una de las fases del proyecto, tales como el diseño preliminar del sistema, la adquisición de materiales, la programación individual de los dispositivos electrónicos, así como la instalación y las pruebas del sistema una vez ensamblado. También se incluyen tareas como el diseño de estructuras necesarias para fijar adecuadamente el hardware, entre otros aspectos.

Dentro de estos costos debe contemplarse el valor del trabajo profesional. En primer lugar, se realiza la etapa de diseño, en la cual, mediante conocimientos técnicos y análisis detallado de los requerimientos del sistema, se determinan los equipos y componentes más adecuados para su correcta implementación.

Posteriormente, se lleva a cabo la adquisición de dichos componentes, que en algunos casos implica procesos de importación. Con estos materiales, se efectúan ensayos funcionales para validar su operación, previo a proceder con la instalación definitiva.

Adicionalmente, existen otras labores que demandan inversión en mano de obra especializada, como la programación del sistema, las pruebas de verificación finales y la instrucción al personal encargado del uso del equipo.

Todos estos montos han sido estimados tomando como referencia los lineamientos vigentes del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (MTSS) de Costa Rica, específicamente en lo que respecta a tarifas por honorarios y salarios mínimos profesionales.

Lo anterior se incluye en la tabla 5 con cantidad de horas hombre, total de horas y costo total de la inversión en cada fase del proyecto para un técnico en Electrónica Industrial.

Tabla 5. Costos de implementación

Descripción	Costo por hora	Cantidad de horas	Precio total
Levantamiento de requerimientos y diseño	₡3 044,00	16	₡48 704,00
Selección de componentes	₡3 044,00	8	₡24 352,00
Programación del sistema (Python + integración)	₡3 044,00	40	₡121 760,00
Pruebas de funcionamiento	₡3 044,00	6	₡18 264,00
Instalación de dispositivos y cableado básico	₡3 044,00	10	₡30 440,00
Pruebas finales y validación	₡3 044,00	30	₡91 320,00
Fabricación/mecanizado de la caja	₡3 044,00	10	₡30 440,00
Instalación de actuadores y estructura	₡3 044,00	2	₡6 088,00
Conexión eléctrica y pruebas de voltaje	₡3 044,00	6	₡18 264,00
Configuración Google API y validación remota	₡3 044,00	2	₡6 088,00
Capacitación al usuario final (ICE)	₡3 044,00	6	₡18 264,00
Documentación técnica y manual de usuario	₡3 044,00	2	₡6 088,00
Total		138	₡420 072,00

Fuente: Elaboración propia

Una vez definidos los montos correspondientes tanto a la inversión en equipos como a los costos asociados a la mano de obra para el diseño e implementación del sistema, es posible realizar un análisis integral de los recursos económicos necesarios para llevar a cabo el proyecto.

En la tabla siguiente se resume el valor total de la inversión, considerando tanto los materiales utilizados como los costos de ejecución del sistema desarrollado para el dispensado automatizado de equipos terminales. Adicionalmente, se incorpora un porcentaje de utilidad del 30%, correspondiente al margen de ganancia por concepto de consultoría técnica.

Finalmente, en cumplimiento con la normativa vigente para la prestación de servicios profesionales en Costa Rica, se contempla el Impuesto al Valor Agregado (IVA) del 13%, aplicado sobre el monto del servicio prestado.

Tabla 6 Costo total de implementación del dispositivo

Descripción	Precio total
Costo de materiales	¢336 835,00
Costo de implementación	¢420 072,00
Ganancia 30%	¢227 072,10
Impuesto al valor agregado (13%)	¢127 917,28
Total	¢1 111 896,38

Fuente: Elaboración propia

A este valor se le incorpora una ganancia correspondiente al 30%, este porcentaje de utilidad se justifica por el trabajo de consultoría técnica, el desarrollo de software personalizado, la documentación entregada (manuales de usuario y

técnico), el acompañamiento en pruebas de campo, así como la garantía de funcionamiento del sistema entregado.

Con base en lo anterior, el costo total para desarrollar el proyecto de forma satisfactoria es de aproximadamente ₡1 111 896,38 en esta primera etapa.

El sistema desarrollado ofrece múltiples ventajas frente al proceso manual que se utilizaba anteriormente para la entrega de equipos terminales. En el método convencional, la asignación y control de los dispositivos dependía completamente de procesos manuales, lo cual no solo implicaba mayor tiempo invertido por parte del técnico de campo, sino también un elevado riesgo de errores, falta de trazabilidad, y desactualización en los sistemas de inventario internos.

Con la automatización propuesta, el técnico puede autenticarse en el sistema mediante un teclado alfanumérico, ingresar su orden de trabajo, seleccionar el tipo de servicio requerido (KATv o IPTv) y, en caso de que se trate de una reposición de equipos del ICE, escanear el código de barras del dispositivo devuelto. Esta interacción eficiente permite que el sistema active automáticamente los actuadores necesarios, libere el equipo y registre los datos tanto en formato local (CSV) como en una hoja en línea de respaldo mediante la API de Google Drive.

Uno de los beneficios más significativos que aporta el sistema es el ahorro de tiempo operativo. Al eliminar pasos manuales como la revisión física de inventario, la asignación por parte del personal administrativo o la elaboración de reportes escritos, se optimiza el flujo de trabajo y se reduce la carga operativa del técnico. Además, la trazabilidad queda garantizada gracias al escaneo del equipo, el registro

automático y el respaldo remoto. Este nivel de control no solo mejora la eficiencia del servicio, sino que facilita auditorías, reportes mensuales y toma de decisiones en tiempo real.

Tabla 7 Análisis de beneficio en costos

Descripción	Tiempo revisión	Tiempo solicitud	Tiempo de reabastecimiento
Proceso de revisión manual	153 horas	24 horas	24 horas
Proceso de revisión automatizado	5 horas	3 horas	1 hora
Beneficio	148 horas ahorradas	21 horas ahorradas	23 horas ahorradas

Fuente: Elaboración propia

Al disminuir el tiempo de registro y solicitud de equipos, se reduce el reabastecimiento pues se adelantará a la necesidad del técnico y del negocio.

A esto se suma la funcionalidad del sensor de nivel en la tolva, el cual permite activar una luz de alerta en caso de que la cantidad de equipos disponibles disminuya por debajo de un umbral predefinido. Esta característica evita interrupciones en el servicio de entrega y asegura una disponibilidad constante del sistema, lo cual representa una mejora sustancial en la logística interna del ICE.

Finalmente, el sistema tiene un gran potencial de escalabilidad. La estructura modular y programable de la solución permite adaptarla a otras líneas de productos, procesos o incluso otras instituciones. Por tanto, la inversión realizada no solo

responde a una necesidad operativa puntual, sino que representa una apuesta por la transformación digital en los servicios de televisión prestados por la institución.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

Al finalizar el proyecto de desarrollo de un sistema electrónico automatizado móvil de dispensado y control de uso en tiempo real para equipos terminales de televisión utilizado para la entrega de los servicios de video en el Instituto Costarricense de Electricidad en San Jose, en el segundo semestre 2024; cumpliendo con los requerimientos señalados por la empresa, se concluye:

- El análisis del proceso actual evidenció una falta de trazabilidad y control efectivo en la entrega y uso de equipos terminales por parte del personal técnico, debido a la gestión manual de los registros y la dependencia del reporte telefónico al Centro de Gestión. Esta conclusión responde al objetivo de estudiar el proceso actual y su impacto en la gestión operativa.
- Mediante el diseño de diagramas de flujo, se identificaron los puntos críticos donde se pierde la trazabilidad de los equipos, lo que justificó el desarrollo de un sistema automatizado. Esto permitió visualizar la ineficiencia del modelo actual y fundamentar la propuesta técnica.
- Se definieron con precisión los requerimientos funcionales del sistema, incluyendo dispositivos electrónicos, arquitectura de control, protocolos de comunicación y mecanismos de seguridad, con base en las necesidades reales del proceso técnico de campo.
- La selección de componentes electrónicos fue adecuada para el desarrollo del dispositivo, integrando sensores, actuadores, lectores de código de barras y módulos de comunicación compatibles con la Raspberry Pi 5, lo cual garantiza estabilidad y operatividad en un entorno móvil.

- El sistema de escaneo, validación y registro automático de datos permitió una actualización precisa de los equipos utilizados, reduciendo significativamente el margen de error humano y mejorando el tiempo de respuesta para solicitudes y control de inventario.
- El dispositivo móvil construido cumplió con los requerimientos funcionales propuestos, dispensando equipos de forma segura y registrando cada transacción, lo que permite dar seguimiento a cada entrega en tiempo real mediante una hoja de cálculo conectada a Google Drive.
- La integración de alertas visuales mediante sensores y luces LED fortaleció el sistema de abastecimiento, indicando con claridad cuándo es necesario reponer equipos en la tolva, evitando desabastecimiento durante las rutas técnicas.
- El análisis costo-beneficio demostró que la solución es viable, replicable y de bajo costo, ya que emplea materiales reciclados y componentes de fácil adquisición, lo cual permite su posible implementación masiva en otras zonas técnicas del ICE.

6.2 RECOMENDACIONES

A continuación, se realizan las recomendaciones concernientes al proyecto en funcionamiento:

- Se recomienda coordinar con el área de Tecnologías de la Información del ICE la integración directa del sistema con plataformas institucionales como

Ágil y SIMO, de forma que se garantice la trazabilidad en tiempo real y se eliminen los registros intermedios.

- Se sugiere evolucionar la pantalla LCD 16x2 hacia una interfaz gráfica más amigable mediante pantallas táctiles con entornos como Tkinter o PyQt, lo cual mejorará la experiencia del usuario y facilitará la capacitación del personal técnico.
- Para una implementación masiva, se recomienda estandarizar el diseño con estructura metálica IP65 resistente a polvo, agua y vibraciones, y con módulos intercambiables que simplifiquen el mantenimiento y la sustitución de componentes.
- Elaborar un cronograma de mantenimiento preventivo trimestral e implementar un sistema de actualización remota (OTA) del software, para garantizar el funcionamiento continuo sin necesidad de intervención física en cada unidad.
- Desarrollar manuales impresos, videotutoriales y simuladores para capacitar al personal técnico de forma efectiva, asegurando una correcta adopción del sistema y reduciendo errores por mal uso.
- Ampliar el sistema de alertas con notificaciones automáticas por correo o vía API cuando el inventario esté por debajo del umbral mínimo, y generar métricas de uso que permitan a los supervisores tomar decisiones con base en datos.
- Tras finalizar la implementación piloto, realizar una evaluación formal de desempeño con los usuarios finales para validar su efectividad y justificar su

expansión. También se recomienda explorar la posibilidad de tercerizar la fabricación bajo estándares industriales para garantizar escalabilidad y uniformidad.

BIBLIOGRAFÍA

Referencias Bibliográficas.

Arias, F. (2012). El Proyecto de Investigación. Introducción a la Metodología Científica (6ta ed). Caracas: Editorial Episteme, C.A.

Chávez, N. (2007). Introducción a la Investigación Educativa (3era ed). Maracaibo: La Columna.

Del Cid, A., Méndez, R., & Sandoval, F. (2011). Investigación. Fundamentos y Metodología (2da ed). México: Pearson Educación de México, S.A de C.V.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la Investigación (6ta ed). México: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A. de C.V.

ICE. (2021). Historia del Instituto Costarricense de Electricidad. Recuperado desde <https://www.grupoice.com/wps/portal/ICE/quienessomos/quienes-somos/historia>

Muñoz, C. (2011). Cómo Elaborar y Asesorar una Investigación de Tesis (2da ed). México: Pearson Educación de México, S.A de C.V.

Niño, V. M. (2011). Metodología de la Investigación. Diseño y Ejecución. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.

Orange. (SF). Cómo funciona una red móvil. Recuperado desde <https://radio-waves.orange.com/es/como-funciona-una-red-movil/>

Tamayo, M. T. (2004). El proceso de la Investigación Científica. México: Limusa S.A.

ANEXO

Lista de anexos

01. Cronograma del Proyecto y Trabajo Escrito.
02. Lista de verificación en Entrega y Aseguramiento de los Servicios.
03. Entrevistas a usuarios expertos.
04. Manual técnico.
05. Manual de usuario.
06. Lista de salarios MTSS 2025