



**INFOTEC CENTRO DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN
EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y
COMUNICACIÓN**

DIRECCIÓN ADJUNTA DE INNOVACIÓN Y CONOCIMIENTO
GERENCIA DE CAPITAL HUMANO
POSGRADOS

**“CONTENEDOR INTELIGENTE DE
PRODUCTO SCRAP PARA LA INDUSTRIA
4.0: SMART SCRAP BOX”**

IMPLEMENTACIÓN DE UN PROYECTO LABORAL
Que para obtener el grado de MAESTRO EN SISTEMAS EMBEBIDOS

Presenta:

José Elías Romo Camarena

Asesor:

Dr. Daniel Villanueva Vásquez

Aguascalientes, diciembre de 2019.



AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN Y NO ADEUDO EN BIBLIOTECA
MAESTRÍA EN SISTEMAS EMBEBIDOS

Ciudad de México, 15 de julio de 2020
INFOTEC-DAIC-GCH-SE-0439/2020.

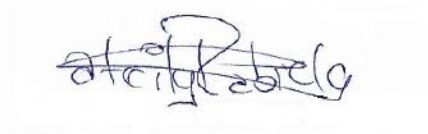
La Gerencia de Capital Humano / Gerencia de Investigación hacen constar que el trabajo de titulación intitulado

CONTENEDOR INTELIGENTE DE PRODUCTO SCRAP PARA LA INDUSTRIA
4.0: SMART SCRAP BOX

Desarrollado por el alumno **José Elías Romo Camarena** y bajo la asesoría del **Dr. Daniel Villanueva Vásquez**; cumple con el formato de biblioteca. Por lo cual, se expide la presente autorización para impresión del proyecto terminal al que se ha hecho mención.

Asimismo se hace constar que no debe material de la biblioteca de INFOTEC.

Vo. Bo.



Mtra. Julieta Alcibar Hermosillo
Coordinadora de Biblioteca

Anexar a la presente autorización al inicio de la versión impresa del trabajo referido que ampara la misma.

C.p.p Servicios Escolares

Agradecimientos

Quiero dedicar la culminación de este trabajo en primer lugar a **mi esposa** Cecilia Garrido por su apoyo incondicional para lograr este paso importante en mi desarrollo personal, eres el motor que me impulsa a ser mejor cada día y siempre buscaré ofrecerte la mejor versión de mí, muchas gracias por tu apoyo.

También quiero agradecer a **mis padres**, todo lo que soy es gracias a ellos, me enseñaron a siempre valerme por mí mismo y a respetar a todos a todo a mi alrededor, montaron las bases de lo que soy y seré y sólo puedo estar más que agradecido con ellos.

A **mis segundos padres** mis queridos suegros que en paz descansen, criaron al amor de mi vida y me recibieron como un hijo más en su familia, nos apoyaron cuando quisimos empezar una vida juntos, y aunque se fueron muy rápido siempre tendré su apoyo en todo lo que realice, simplemente gracias.

A **mi hermana** con quien siempre he contado y quien siempre ha estado pendiente de mí, gracias por todo.

A **Víctor Romo** y **Guillermo Contreras** mis compañeros de trabajo y amigos, sin ellos no podría estar en este momento aquí, gran parte del profesional que soy se los debo, muchas gracias por sus enseñanzas.

Y finalmente a todos **mis compañeros de la maestría** y a **mis profesores**, he aprendido mucho de cada uno de ustedes y seguiré aprendiendo ya que “camino en hombros de gigantes”.

Tabla de contenido

Introducción.....	1
Capítulo 1: Planeación del Proyecto	3
1.1 Contexto	3
1.2 Descripción del Problema.....	3
1.3 Motivación	4
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo General.....	5
1.4.2 Objetivos Específicos	5
1.5 Metodología.....	6
1.6 Estructura del Documento	9
Capítulo 2: Estado del Arte.....	10
2.1 Protocolos Inalámbricos	10
2.1.1 Protocolo de conectividad ZigBee.....	10
2.1.2 Protocolo de conectividad Bluetooth.....	11
2.1.3 Protocolo de conectividad WiFi.....	11
2.2 Resumen de los Usuarios	12
2.2.1 Ambiente de los usuarios.....	13
2.3 Alternativas y Competencia.....	13
2.4 Análisis de Requerimientos.....	15
2.4.1 Requerimientos de usuario	15
2.4.2 Requerimientos de Sistema	15
2.4.3 Requerimientos Funcionales	16
2.4.4 Requerimientos NO Funcionales	16
Capítulo 3: Desarrollo del Proyecto.....	17
3.1 Diseño de la Solución Tecnológica Propuesta	17
3.1.1 Arquitectura para el diseño del contenedor inteligente	17
3.1.2 Diseño del Hardware para contener las tarjetas PCB no conformes	19
3.1.3 Circuito Electrónico	22
3.1.4 Diagramas eléctricos	28
3.1.5 Arquitectura de Software para el control del contenedor de tarjetas no conformes	29
3.2 Desarrollo del contenedor de producto no conforme Smart Scrap Box	33

3.2.1 Desarrollo del Prototipo del contenedor de producto no conforme para verificar su funcionalidad	33
Capítulo 4: Implementación y Resultados	34
4.1 Implementación del sistema en un ambiente industrial	34
4.1.1 Implementación del prototipo de Smart SCRAP Box.....	34
4.1.2 Estructura de Smart SCRAP Box.....	36
4.1.3 Tarjeta de circuitos impresa (PCB) en la caja de SCRAP	38
4.1.4 Software de comunicación y control.....	40
4.2 Resultados, pruebas de funcionalidad y validación del contenedor inteligente de producto no conforme.....	43
4.2.1 Prueba de Funciones del contenedor inteligente de producto no conforme.....	45
4.3 Estudio de Repetibilidad y Reusabilidad para validar el contenedor inteligente de productos no conformes.....	53
Conclusiones.....	56
Trabajo Futuro	57
Referencias	59
Anexos	62
Anexo 1 Hoja de datos sensor Inductivo de contenedor vacío modelo NBB2-V3-E0.....	62
Anexo 2 Hoja de datos del actuador para la ventanilla de acceso de tarjetas electrónicas.....	63
Anexo 3 Hoja de datos del control principal del contenedor de productos no conforme Microcontrolador ATmega328.....	64
Anexo 4 Carta de No conflicto de intereses Evaluador 1	65
Anexo 5 Carta de No conflicto de intereses Evaluador 2.....	66
Anexo 6 Carta de No conflicto de intereses Evaluador 3.....	67

Índice de Figuras

Figura 1 Metodología aplicada en el proyecto.....	7
Figura 2 Arquitectura del Proyecto, los contenedores inteligentes de producto no conforme actúan como clientes, y la computadora que almacena la base de datos y la interfaz de usuario funge como servidor.....	18
Figura 3 Diseño general del contenedor de tarjetas PCB no conformes.....	19
Figura 4 Vista frontal del diseño del contenedor de productos no conformes	20
Figura 5 Vista inferior del contenedor de tarjetas PCB no conformes	21
Figura 6 Vista interior Vista inferior del contenedor de tarjetas PCB no conformes	22
Figura 7 Conexión de Pines de control en el circuito electrónico	23
Figura 8 Flujo de corriente de los pines de control.....	24
Figura 9 Acoplamiento del sensor de contenedor vacío.....	25
Figura 10 Flujo de corriente del sensor	26
Figura 11 Switch de acceso a personal de calidad	26
Figura 12 Conexión de los indicadores visuales	27
Figura 13 Esquemático de conexión del circuito electrónico.....	28
Figura 14 Capa inicial del algoritmo de control de la Smart Scrap Box.....	30
Figura 15 Algoritmo de condiciones iniciales del control del contenedor de producto no conforme.	31
Figura 16 Algoritmo de control de interrupciones del contenedor de producto no conforme.	32
Figura 17 Circuito en protoboard y conexión con tarjetas Xbee utilizados en el prototipo para contenedor de tarjetas inteligentes.....	34
Figura 18 Algoritmo programado en Node-Red implementado en una Raspberry Pi para el registro de los ingresos en una base datos en la nube Firebase.	35
Figura 19 Prototipo funcional de Smart Scrap Box.....	36
Figura 20 Cortes de policarbonato para las caras del contenedor.	37
Figura 21 Estructura del contenedor de producto no conforme.....	38
Figura 22 Elaboración del PCB de control.	38
Figura 23 Tarjeta de circuitos impresa para el control del contenedor de producto no conforme.	39
Figura 24 Ubicación de la tarjeta de control en Smart SCRAP Box.	40
Figura 25 Pantalla de configuración de comunicación.	41
Figura 26 Base de datos en Access para el registro de eventos del Smart Scrap Box.	42
Figura 27 Reporte de calidad generado en Access.....	43
Figura 28 Pruebas de Smart SCRAP Box en instalaciones.	44
Figura 29 Ingresa la llave en la ranura del OPERADOR.....	45
Figura 30 Ranura de Bloqueo de ingreso.....	46
Figura 31 Seguro de ingreso abajo, ranura abierta para producto.	46
Figura 32 Ingresa la llave en la ranura de calidad.....	47
Figura 33 Chapa retraída y puerta abierta.	48
Figura 34 Caja de SCRAP con producto.....	48
Figura 35 Ingresa la llave en la ranura del operador.	49
Figura 36 Seguro de apertura bloqueado.....	50

Figura 37 Ingresar la llave en la ranura de calidad.....	50
Figura 38 Caja de SCRAP con la puerta abierta.....	51
Figura 39 Led indicador con alarma.....	52
Figura 40 Sistema listo para operar.....	52
Figura 41 Resultados del estudio R&R para verificar el funcionamiento del contenedor inteligente de producto no conforme.....	54
Figura 42 Variación de registro en Base de datos por parte de los operadores....	55

Índice de Cuadros

Cuadro 1 Comparación de los protocolos inalámbricos	12
Cuadro 2 Resumen de los Usuarios. Se presenta una descripción de los usuarios e involucrados en el desarrollo del proyecto	13
Cuadro 3 Alternativas y Competencia	15
Cuadro 4 Asignación de pines en la tarjeta de control.	29

Acrónimos

Wireless Sensor Networks	(WSN)
Internet of Things	(IoT)
Printed Circuit Board	(PCB)
Personal Area Network	(WPAN)
No Good	(NG)
Good	(OK)
System On Module	(SOM)
Open Data Base Connectivity	(ODBC)

Introducción

El presente trabajo de tesis propone el diseño y desarrollo de un dispositivo de control de producción de fácil uso y bajo costo basado en la tecnología ZigBee¹. ZigBee es un estándar de comunicación inalámbrica destinado a dispositivos de bajo costo en automatización y controles domésticos. El dispositivo llamado Smart SCRAP Box es un contenedor inteligente de producto no conforme. Un producto dañado o no conforme, es aquel que no pasa las pruebas de calidad de la empresa comúnmente llamado SCRAP (chatarra). Además, este contenedor tiene un registro de piezas que se ingresan y guarda la información localmente y remotamente en una base de datos en el servidor de la empresa, también cuenta con un detector de caja vacía/llena, genera solicitudes para retirar el producto no conforme por parte de personal autorizado y, controla el acceso a las piezas que fueron ingresadas, es decir, sólo permite que el personal con autorización pueda realizar el vaciado y control del producto no conforme. Por un lado, en la industria el proceso de control de calidad de sus productos es una parte primordial dentro de su cadena de producción, ya que con estos controles se aseguran de entregar sólo el producto que sí cumple con los estándares de calidad y seguridad que los clientes demandan. Sin embargo, estos procesos de calidad pueden llegar a no servir de nada si no se cuenta con un sistema fiable de control en sus productos que no pasaron las revisiones de calidad. En el momento que ya fue marcado un producto como no conforme, se necesita contar con un seguimiento que asegure dónde se guardan y cómo se dispone de estos productos. Por otro lado, este equipo ayuda a tener un control más preciso y eficiente de las piezas de producción dañadas. Por lo tanto, evita errores, tales como, mezclar producto conforme con producto no conforme, que pueden costar que toda una producción sea rechazada si estas piezas llegaran al cliente, o peor aún generar alguna falla y/o accidente si este producto llega al usuario final.

¹ ZigBee Alliance (2015) [Online]. Available: <http://www.zigbee.org>

Para el desarrollo de este dispositivo, se formulan diferentes hipótesis que buscan solucionar los problemas del cliente en su empresa. Tales como, mezcla de productos conformes con producto no conforme, además de la falta de control de las piezas ya depositadas en contenedores de producto no conforme que genera la empresa. Después de esto, se exploran dichas hipótesis en busca de una tecnología que solucione estos problemas. De esta forma surge Smart Scrap Box la cual fue diseñada y estudiada para cubrir los requerimientos del cliente y ser funcional en el ambiente industrial.

En el presente trabajo se implementa un prototipo para verificar que la selección de los elementos como actuadores, sensores y antenas fuera la correcta y que estos elementos se comportan correctamente trabajando en conjunto. Durante el desarrollo del prototipo se toman las observaciones y resultados obtenidos y se aplican en el diseño del dispositivo final. Finalmente, se procede a construir el dispositivo Smart Scrap Box y se le aplican pruebas de funcionalidad y de repetibilidad para verificar que el dispositivo cumpla con los requerimientos obtenidos al principio del desarrollo. Los resultados de las pruebas aplicadas permiten comprobar que el dispositivo desarrollado es funcional en un ambiente industrial. Además, que mantiene el control de la cantidad de productos no conformes que se ingresan y evita que los usuarios no autorizados retiren el producto. Por lo tanto, evita las mezclas ya sea intencionales o no de productos previamente procesados por control de calidad.

A continuación, en este trabajo se presenta la Introducción del proyecto, la cual permite mostrar una idea general del proyecto e indica la estructura general del documento.



Capítulo 1

Introducción

Capítulo 1: Planeación del Proyecto

En este capítulo se expone la idea general del proyecto, se presenta el problema a resolver en un contexto en el que se encuentran las tecnologías, en base a esto se indica la motivación para desarrollar el proyecto. Asimismo, se propone el objetivo general y los objetivos específicos del mismo, se indica la metodología que seguirá para el desarrollo del proyecto y, por último, se presenta la estructura general del documento.

1.1 Contexto

En México, el campo de la automatización industrial está creciendo mucho, este sector crece de la mano con las industrias automotriz y aeroespacial, colocando al México como una posible potencia para la cuarta revolución industrial [1]. Estas compañías están recurriendo a la automatización para aumentar la producción [2], reducir costos, mejorar la calidad y garantizar la seguridad de los trabajadores.

En la industria, el control de calidad en la producción es un pilar fundamental dentro de la cadena de producción de un producto [3]. Por lo tanto, un producto no puede llegar al cliente y/o usuario final sin antes pasar por varias pruebas de calidad y funcionamiento. El producto que no pasa por alguna de estas pruebas es retirado de la línea de producción y es marcado como producto no conforme, este producto debe de ser separado y contenido normalmente en contenedores de desechos [4]. Muchas veces estos contenedores de desechos no son más que cajas en las que se tira este producto no conforme, pero no se tiene un mayor control del contenido ni de la cantidad de producto procesado como *“no conforme”*.

1.2 Descripción del Problema

En la industria el control de producción busca ser muy estricto y tener el mejor control de los productos, no es suficiente con tener un buen control de calidad [5]. También, es necesario tener un control adecuado de las piezas que son marcadas como NG ya que, al no tener un buen control, pueden ser mezcladas con el producto

OK y pueden terminar en el cliente generando pérdidas de dinero muy grandes y provocando una sensación de desconfianza por parte del cliente.

Asimismo, se requiere tener trazabilidad de las piezas NG generadas en diferentes estaciones de las líneas de producción. Por lo tanto, resulta necesario desarrollar una caja inteligente que pueda registrar las piezas NG que se depositan en ella y, además que, no permita que sean retiradas hasta que el personal con la autorización previa lo haga. Finalmente debe comunicarse con un concentrador central.

Con Smart Scrap Box se soluciona el problema de mezcla de productos conformes (OK) y productos no conformes (NG) que tiene la empresa, al agregar un contenedor único para productos no conformes que además de no permitir retirar el producto por cualquier persona permite un seguimiento de la cantidad de los productos ingresados y la hora en la que se ingresaron pudiendo así analizar estos datos y obtener información muy valiosa que les ayude a mejorar su proceso y reducir así los productos no conformes.

1.3 Motivación

Como empleado y parte de la empresa Servicios de Automatización y Control hemos visto esta problemática repetirse en varias empresas y en cada empresa intentan generar su propio control de los productos marcados como desechos.

Una empresa que hace tarjetas electrónicas para los faros led de varios modelos de vehículos. La empresa ha tenido varios problemas con la mezcla y control de estas tarjetas PCB (Printed Circuit Board). El producto pasa por varias pruebas eléctricas de calidad y algunas inspecciones visuales de defectos si alguna de estas encuentra un problema de calidad es marcado como no conforme, pero por la naturaleza del producto es muy difícil para un operario identificar entre un producto marcado como no conforme y uno conforme, ya que, visualmente son idénticos, en la empresa cuentan con depósitos para el producto no conforme llamados contenedores de “*scrap*”, pero no tiene algún control extra para asegurar

que el producto no conforme llegue al contenedor y vuelva a ser mezclado con la producción.

Esta empresa contactó a Servicios de Automatización y Control y solicitó que se les proporcione una solución para estos problemas dado que ya han tenido varios reclamos por parte del cliente que recibe el producto no conforme. Finalmente, al ser empleado de Servicios de Automatización y Control, se busca resolver este problema aprovechando los recursos extras que proporciona el estudio de la maestría en sistemas embebidos del INFOTEC.

1.4 Objetivos

En esta sección se describe el objetivo general del proyecto y los objetivos específicos que se derivan.

1.4.1 Objetivo General

Diseñar y desarrollar un dispositivo que almacene resguarde y tenga trazabilidad de las piezas no conforme, generadas en diferentes estaciones de las líneas de producción, asimismo debe de almacenar la información registrada en un concentrador central de manera inalámbrica.

1.4.2 Objetivos Específicos

Para alcanzar el objetivo general es importante desglosar este mismo en objetivos específicos para que nos ayuden en el enfoque de desarrollo del proyecto.

1) Especificación del Proyecto.

Obtener los requerimientos principales por parte del usuario final, obtener los requerimientos del sistema analizando el hardware existente de los componentes del sistema.

2) Desarrollo del Prototipo.

Diseñar un prototipo e implementar el dispositivo en base a las especificaciones obtenidas.

3) Desarrollo del Software.

Programar el firmware, middleware y software necesario para cubrir la funcionalidad especificada en los requerimientos.

4) Validación del Prototipo.

Realizar pruebas del sistema para verificar que el dispositivo cumple con los requerimientos establecidos.

5) Validación del sistema.

Desarrollar las pruebas del sistema con usuario final y obtener retroalimentación del sistema por parte del usuario.

6) Documentación.

Documentar el código del programa, los diseños mecánicos de la carcasa y generar un manual de usuario.

1.5 Metodología

La metodología propuesta permite un seguimiento en forma de cascada en la que cada elemento en la parte de arriba de esta cascada genera los datos y productos necesarios para continuar con el desarrollo del proyecto. En la Figura 1 Metodología aplicada en el proyecto, los óvalos indican interacción con los involucrados y clientes, los rectángulos indican procesos de desarrollo del proyecto

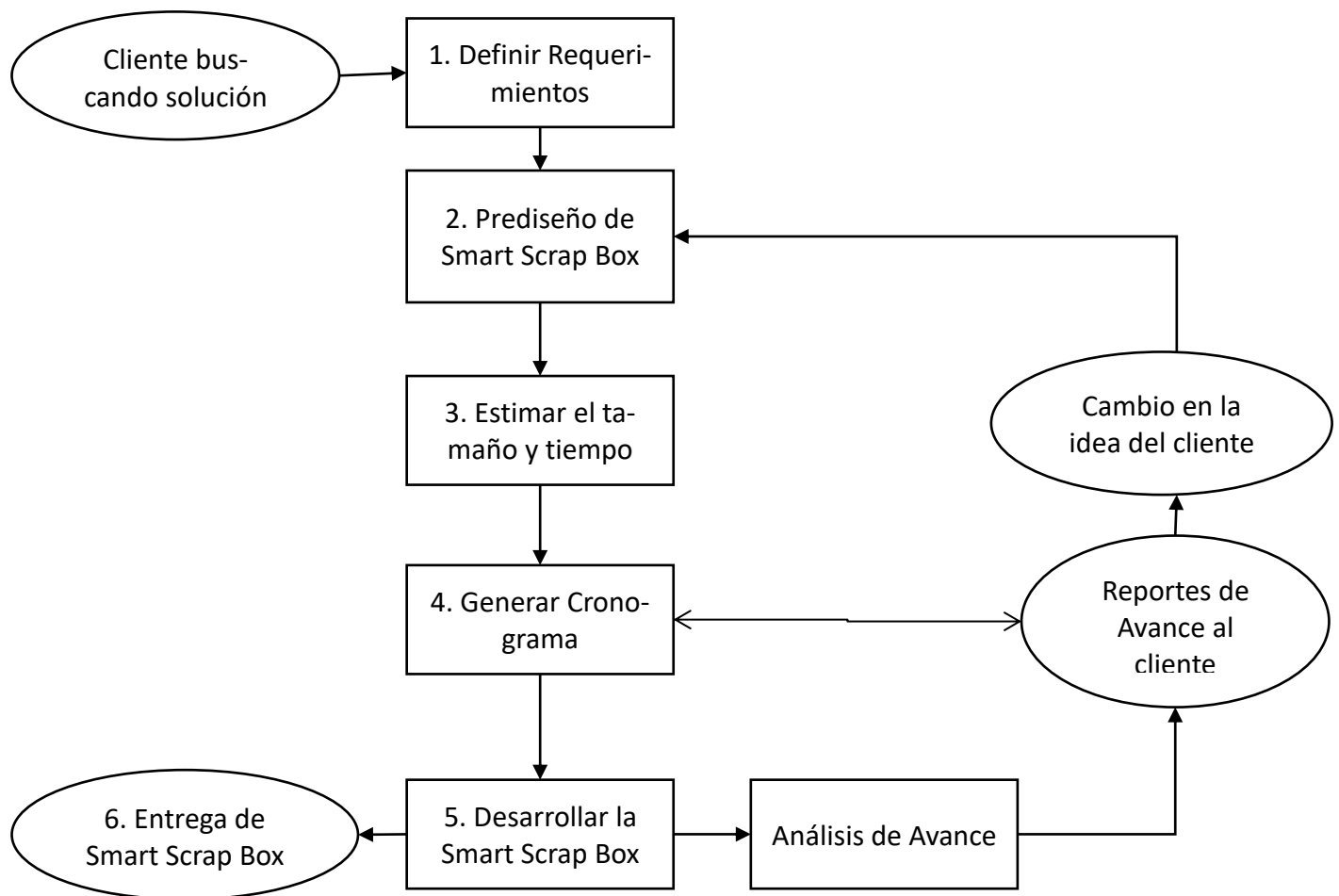


Figura 1 Metodología aplicada en el proyecto.

FUENTE: Elaboración propia

1. Definir Requerimientos.

Se habla con los involucrados en el proyecto y se obtiene la mayor información sobre el mismo, con encuestas, puntos de vista e ideas del problema que se busca resolver.

- Obtener requerimientos del cliente.
- Definir limitantes del desarrollo del contenedor inteligente.
- Definir con el cliente el estándar de materiales y calidad de equipo.
- Ajustar requerimientos.
- Confirmar requerimientos con el cliente.

2. Prediseño de Smart Scrap Box

- Se crean los diagramas que explican la arquitectura el contenedor inteligente en conjunto y también los componentes principales; tarjeta electrónica, comunicación inalámbrica, programa, y sus relaciones entre estos.
 - Diseño de propuesta de hardware
 - Diagrama de Flujo de funcionamiento del contenedor inteligente.
 - Propuesta de Interfaz de Usuario en base al cliente de Smart Scrap Box.
3. Estimar el tamaño y tiempo del proyecto.
- En base al tiempo de la maestría y al tiempo requerido por el cliente se ajustan los tiempos de desarrollo.
 - Estimar materiales y costos.
 - Tiempo de entrega de materiales.
 - Opinión de involucrados en el desarrollo del proyecto.
 - Máquinas y herramientas a utilizar y equipo disponible en INFOTEC.
 - Espacio de trabajo.
4. Generar cronograma.
- Elaboración de cronograma en base a un formato propuesto por INFOTEC.
 - Definir puntos de entrega de avances acorde a los cuatrimestres en la maestría.
 - Definir forma de revisión de avances por parte del cliente.
5. Desarrollar la Smart Scrap Box.
- Proceso de desarrollo del proyecto:
- a) Diseño.
 - b) Revisión de diseño.
 - c) Elaboración.
 - d) Pruebas.
 - e) Evaluación de Respetabilidad y Reusabilidad para validar el contenedor inteligente de productos no conformes.
6. Entrega de Smart Scrap Box

- Documento de titulación.
- Contacto con el cliente.
- Entrega de equipo e instalación en planta.
- Capacitación de operación.
- Plan de mantenimiento y soporte
- Encuesta de satisfacción.

1.6 Estructura del Documento

A continuación, se describe la estructura que presenta este documento de tesis partiendo del segundo capítulo y terminando en las conclusiones y trabajo futuro.

La estructura de la presente tesis está dividida en 6 capítulos, el primero da una introducción al proyecto, empezando con el contexto en el que se desarrolla el proyecto, describiendo el problema a resolver y la motivación de realizar el proyecto, se explican los objetivos del mismo y se presenta la metodología que se aplica en el desarrollo. El segundo capítulo es el estado de arte del proyecto, se describen algunos de los protocolos inalámbricos que se tenían como opción para su aplicación en el proyecto y se identifican los usuarios y el ambiente en el que se aplicará la solución propuesta, además se comparan algunas de las alternativas y competencias que existen actualmente, por último, se aplica un análisis de requerimientos para el proyecto. En el tercer capítulo se presenta el desarrollo del proyecto partiendo desde el diseño y explicando el seguimiento del desarrollo por medio del cronograma de proyecto, cerrando el capítulo con el desarrollo de un prototipo funcional para hacer pruebas. El cuarto capítulo explica la forma de implementación que se llevó a cabo para realizar el proyecto desde la electrónica hasta la mecánica al realizar el contenedor, indicando los resultados obtenidos y las pruebas realizadas para comprobar la funcionalidad del dispositivo. El quinto capítulo muestra el impacto social y económico que el proyecto puede proporcionar a la sociedad. Finalmente, en el sexto capítulo se realizan las conclusiones y se indica el trabajo futuro a seguir en el proyecto.



Capítulo 2

Estado del Arte

Capítulo 2: Estado del Arte

En este capítulo se muestra el camino de investigación tomado para el diseño del proyecto, se ahonda en los protocolos inalámbricos más utilizados buscando elegir uno para el proyecto, se explica el ambiente de los usuarios, así como sus características, se investiga sobre las posibles alternativas y competencias que existen en el mercado y se hace un resumen de los requerimientos obtenidos de los usuarios.

2.1 Protocolos Inalámbricos

En esta sección del documento se pretende dar una breve introducción de los protocolos de comunicación inalámbricos de corto rango más comunes, como son Bluetooth que corresponde al estándar IEEE 802.15.1[6], WIFI con los estándares 802.11 ah [7] y ZigBee que corresponde a IEEE 802.15.4 [8].

El objetivo que se pretende es hacer una comparación entre estos protocolos de comunicación inalámbrica a corto rango sin ahondar en la investigación de cada uno.

2.1.1 Protocolo de conectividad ZigBee

ZigBee es un estándar de red inalámbrica de baja tasa definido por ZigBee Alliance [9] y basado en el IEEE 802.15.4. ZigBee admite las topologías de red de estrella, malla y combinada [10]. El estándar apunta a ser una solución de bajo costo y baja potencia para sistemas que consisten en sistemas no supervisados grupos de dispositivos en casas, fábricas y oficinas [11,12,13]

ZigBee es una red de sensores que ofrece un conjunto de protocolos de comunicación de alto nivel que utilizan radios digitales de baja potencia y bajo rango basados en el estándar IEEE 802.15.4 para redes de área personal inalámbricas (WPAN). IEEE 802.15.4 es un estándar diseñado originalmente para comunicaciones de corto alcance que proporciona una velocidad de datos más baja en Kilobits por segundo (Kbps). La red de sensores inalámbricos ZigBee (WSN) se desarrolla en la red y en la capa de aplicaciones según el estándar IEEE 802.15.4. [14]

2.1.2 Protocolo de conectividad Bluetooth

Bluetooth es un estándar de red inalámbrica de propósito general de corto alcance basado en el protocolo IEEE 802.15.1 [15]. La interfaz aérea Bluetooth funciona en la banda ISM 2.4 GHz. El uso de esta banda de frecuencia permite una operación sin licencia casi en todo el mundo. Para cumplir con los requisitos de operación sin licencia, el enlace de radio Bluetooth emplea espectro de frecuencia de salto rápido.

Los dispositivos Bluetooth forman redes ad hoc llamadas piconets. Hasta ocho dispositivos (un maestro y siete esclavos) pueden participar simultáneamente en una piconet. Un dispositivo en la red se convierte en el maestro y controla la sincronización de tiempo, la secuencia de salto y la programación de paquetes. También es posible conectar múltiples piconets para formar una red dispersa [16]. Los Scattemets pueden operar simultáneamente. Estas múltiples piconets no están sincronizadas en el tiempo y cada una emplea una secuencia de salto diferente.

2.1.3 Protocolo de conectividad WiFi

IEEE 802.11ah se formó en el 2010, dentro de IEEE 802.11 para definir una exclusión y permitir que 802.11ah tenga licencia para operar a 1 GHz para admitir los siguientes tres casos de uso: sensores y medidores, sensor de retroceso y datos del medidor, y WiFi de rango extendido [17]. Para cumplir con un rango de transmisión de 1 km a una velocidad mínima de al menos 100 kb / s para aplicaciones IoT exteriores, el rango de transmisión de 802.11ah que opera en la banda de 900 MHz mejora significativamente en comparación con 802.11 n operando en la banda de 2,4 GHz.

Como menciona Jain [18] la primera opción de red para dispositivos IoT es Wi-Fi porque casi todas las casas que tienen conectividad a Internet tienen un enrutador Wi-Fi (AP). Muchas familias confían en Wi-Fi para correo electrónico, redes sociales y transmisión de video de alta calidad. Cualquier dispositivo en la casa puede usar AP que está habilitado para IP. Sin embargo, WiFi necesita una buena cantidad de energía, lo que complica que pueda ser utilizado como un dispositivo IoT portable al no poder ser alimentado por baterías [19].

Estándar	Bluetooth	Zigbee	WIFI
Especificación	IEEE 802.15.1	IEEE 802.15.4	802.11 ah
Frecuencia de Banda	2.4 GHz	868/915 MHz; 2.4 GHz	900 MHz
Rango	10 m	10 - 100 m	1 Km
Máxima transmisión de datos	1 Mb/s	250 Kb/s	40 Mb/s
Modulación	GFSK	BPSK (+ ASK), O- QPSK	BPSK, QPSK, COFDM, CCK, M-QAM
Ancho de Banda	1 MHz	0.3/0.6 MHz; 2 MHz	1, 2, 4, 8 and 16 MHz
Encriptación	EQ stream cipher	AES block cipher (CTR, counter mode)	RC4 stream cipher (WEP), AES block cipher
Consumo de Energía	Bajo	Muy Bajo	Alto

Cuadro 1 Comparación de los protocolos inalámbricos.

FUENTE: Lee. JS, Su. YW and Shen, 2007.

En el Cuadro 1 se puede observar que el estándar Zigbee cuenta con la menor cantidad de datos de transmisión, pero a cambio es el protocolo que menor energía consume [8].

2.2 Resumen de los Usuarios

En este apartado se presenta a los usuarios e involucrados en el proyecto, En el Cuadro 2 se explica el ambiente de los usuarios y en dónde se implementará el proyecto.

Nombre	Descripción	Responsabilidades	Interesado

Servicios de Automatización y Control	Como empresa de automatización requiere de las mejores herramientas para poder ofrecer las soluciones específicas a sus clientes.	-Coordina el trabajo -Verifica avances -Genera pruebas de funcionalidad.	Directamente interesado para utilizar el sistema como un extra a sus productos y servicios.
Empresas en la industria	Cada empresa requiere necesidades específicas y están en constante mejora para sus equipos	-Uso del sistema y verificación de calidad	Buscan que el sistema sea funcional y tenga la calidad demandada.

Cuadro 2 Resumen de los Usuarios. Se presenta una descripción de los usuarios e involucrados en el desarrollo del proyecto.

FUENTE: Elaboración Propia.

2.2.1 Ambiente de los usuarios

La empresa manufactura tarjetas electrónicas PCB cuanta con diferentes líneas de producción en las que se producen diferentes modelos de tarjetas, una línea de producción puede producir uno o más modelos en tan solo 8 horas de trabajo. Por lo tanto, se requiere tener trazabilidad de las piezas no conformes generadas en diferentes estaciones de las líneas de producción.

2.3 Alternativas y Competencia

Este tipo de proyecto utiliza varios elementos que ya son utilizados en la industria, y los integra para cubrir con las necesidades del cliente, como tal el concepto de caja de scrap ya existe y es ampliamente utilizado en las empresas de todos los rubros, pero cada empresa diseña sus almacenes de producto scrap en base a sus necesidades y políticas de control, para resolver las necesidades del cliente se propone como punto de innovación el control y registro de datos a través de comunicación inalámbrica.

El Cuadro 3 muestra las posibles alternativas de uso para la comunicación de datos y sensores requeridos en el proyecto.

Alternativa/Competencia	Descripción
National Instruments	<p>Controlador RT con puerta de enlace integrada para WSN: el WSN - 9792 es un controlador RT programable con una puerta de enlace integrada para dispositivos de red de sensores inalámbricos (WSN) de NI. El controlador cuenta con un procesador de 533 MHz y una radio IEEE 802.15.4 de 2,4 GHz para comunicarse con ocho nodos finales WSN en una topología en estrella o hasta 36 nodos WSN distribuidos en una topología de malla [20].</p> <p><i>Ventajas:</i> Dispositivo de alta calidad, aplicaciones de largo alcance, fácil de usar y configuración, opciones modulares para la configuración.</p> <p><i>Desventajas:</i> alto consumo de energía (no capaz de usar energía de la batería), dispositivos y módulos excesivamente caros.</p>
ProSoft Radio Kit	<p>El kit de radio es un reemplazo para la I / O cableada que es fácil de implementar. El kit no requiere programación, solo pelacables y un destornillador. No hay protocolo de comunicación para interpretar. Las radios están emparejadas y aseguradas en la fábrica, por lo que no hay configuraciones o configuraciones que resolver. Es bidireccional, por lo que las señales digitales y analógicas pueden enviarse en ambas direcciones entre dos estaciones de E / S conectadas [21].</p> <p><i>Ventajas:</i> Fácil de usar y configurar aplicaciones de corto y largo alcance.</p>

	<i>Desventajas:</i> Alto costo, sólo funciona para los productos de Allen Bradley.
Digi	<p>El sistema en módulos (SOM) de Digi ofrece múltiples soluciones inalámbricas integradas que incluyen 802.11a / b / g / n / ac, Bluetooth y opciones para agregar celulares. Basados en los últimos procesadores, como el NXP i.MX6UL y NXP i.MX6, los SOM de Digi proporcionan seguridad de dispositivo para aplicaciones IoT de conexión [22].</p> <p><i>Ventajas:</i> Dispositivo de alta calidad, aplicaciones de largo y corto alcance, dispositivos de diferentes tipos para cada proyecto.</p> <p><i>Desventajas:</i> conocimientos técnicos necesarios para la instalación y uso, requiere de más elementos para su integración.</p>

Cuadro 3 Alternativas y Competencia.

FUENTE: Elaboración Propia.

2.4 Análisis de Requerimientos

Los requerimientos son descripciones de lo que el sistema debe hacer: el servicio que ofrece y las restricciones en su operación. Tales requerimientos reflejan las necesidades de los clientes.

2.4.1 Requerimientos de usuario

- Colocación manual de tarjetas consideradas NG en una caja.
- Lectura de cantidad de tarjetas colocadas en caja en tiempo real.
- Mandar información de lectura hacia algún computador para ser procesada.
- Bloquear el acceso al contenido de la caja a personal no autorizado.

2.4.2 Requerimientos de Sistema

- Contenedor robusto para uso industrial.
- Utilizar un estándar para la comunicación.
- Comunicación inalámbrica.

- Control de entrada y salida de producto scrap.
- Base de datos.

2.4.3 Requerimientos Funcionales

- Conectividad inalámbrica.
- Indicar de manera visual el estado del equipo.
- Guardar en base de datos los eventos generados.
- Contar el producto NG ingresado.

2.4.4 Requerimientos NO Funcionales

- El cliente solicita el estándar de comunicación Zigbee.
- NOM-063-SCFI-2001, Productos eléctricos-Conductores-Requisitos de seguridad.
- Alimentación de 12 – 30V DC.



Capítulo 3

Desarrollo del Proyecto

Capítulo 3: Desarrollo del Proyecto

En este capítulo se describe el camino del diseño y desarrollo del proyecto empezando por la arquitectura principal a seguir y siguiendo con el diseño del hardware, eléctrico y software, en base a este diseño empieza el desarrollo del proyecto siguiendo un cronograma establecido, y empezando con un prototipaje funcional para poder detectar los posibles defectos de la propuesta.

3.1 Diseño de la Solución Tecnológica Propuesta

Durante el diseño del proyecto se crea la arquitectura del sistema, la cual indica en que elementos se divide dispositivo, se describe el hardware y sus principales puntos de diseño para hacerlo robusto, se calcula el circuito eléctrico de control y se diseña el diagrama eléctrico, finalmente se explica un poco el algoritmo del software.

3.1.1 Arquitectura para el diseño del contenedor inteligente

En la Figura 2, se muestra la arquitectura principal del sistema, los operadores con acceso permitido pueden ingresar el producto rechazado por las pruebas de calidad en el contenedor inteligente. Además, el contenedor registra los eventos en la base de datos del servidor, y espera por comandos enviados desde el control principal del servidor. Finalmente, el administrador de los contenedores inteligentes puede solicitar que el contenedor deseado se abra para retirar el producto no conforme y disponer de manera adecuada del producto dañado.

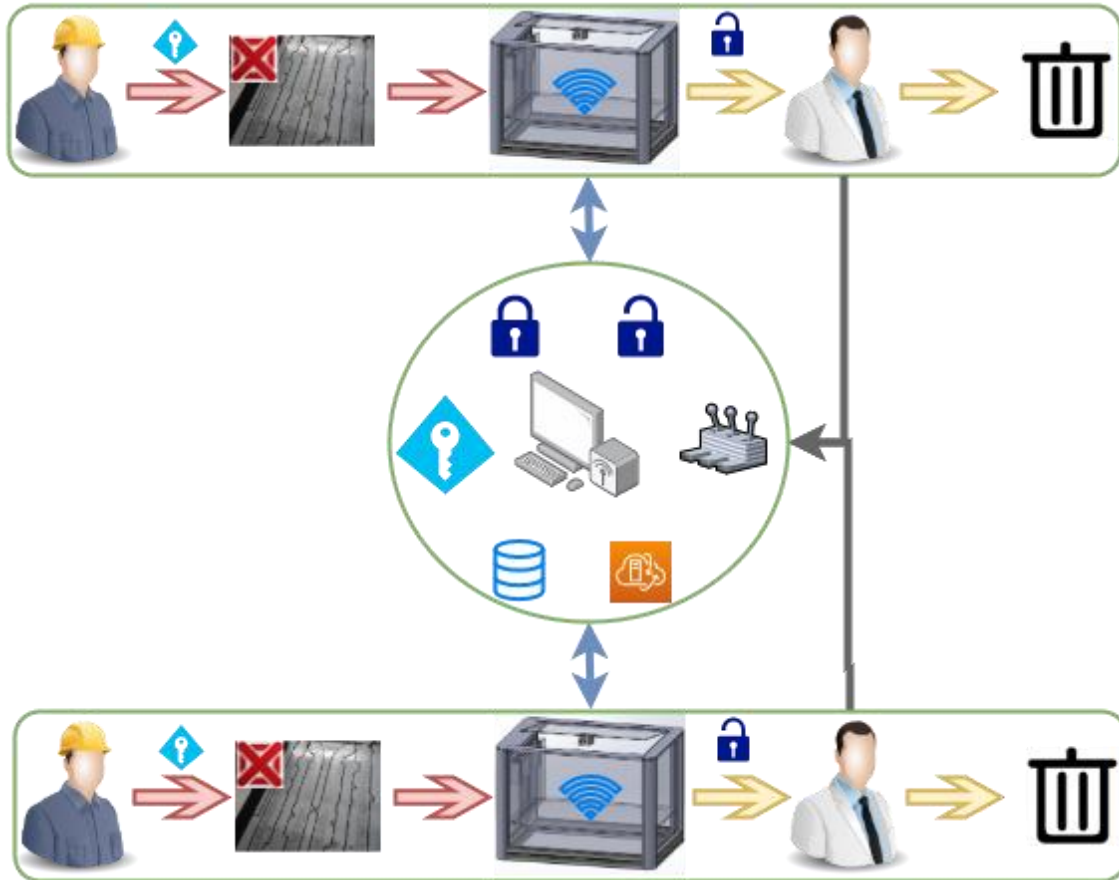


Figura 2 Arquitectura del Proyecto, los contenedores inteligentes de producto no conforme actúan como clientes, y la computadora que almacena la base de datos y la interfaz de usuario funge como servidor.

FUENTE: Elaboración Propia.

Esta arquitectura se basa en la arquitectura cliente-servidor. Las arquitecturas cliente-servidor se consideran a menudo como arquitecturas de sistemas distribuidos; sin embargo, el modelo lógico de servicios independientes que opera en servidores separados puede implementarse en una sola computadora [23].

3.1.2 Diseño del Hardware para contener las tarjetas PCB no conformes

El diseño del contenedor se realiza buscando la dureza y la ergonomía requeridas para su uso en la industria, utilizando aluminio extruido que proporciona mayor rigidez a su estructura y reduce el peso del equipo completo.

En la Figura 3, se puede observar que las caras laterales están hechas de policarbonato industrial que permite observar el producto dentro del contenedor, brindando una mejor visión del equipo durante su uso, pero manteniendo la dureza necesaria para su entorno de trabajo.

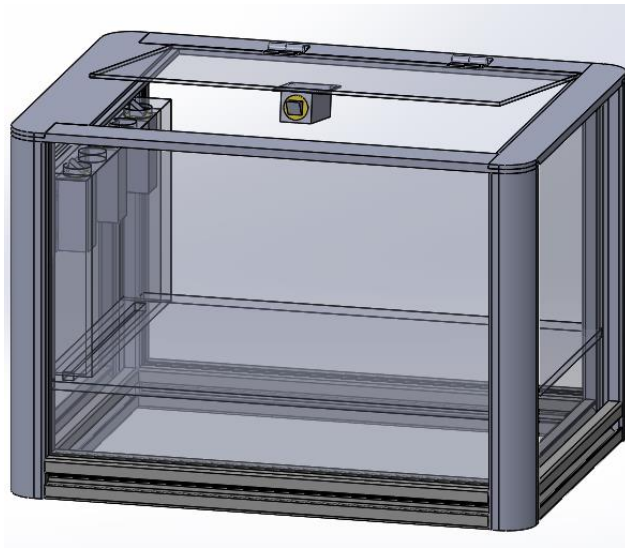


Figura 3 Diseño general del contenedor de tarjetas PCB no conformes

FUENTE: Elaboración Propia.

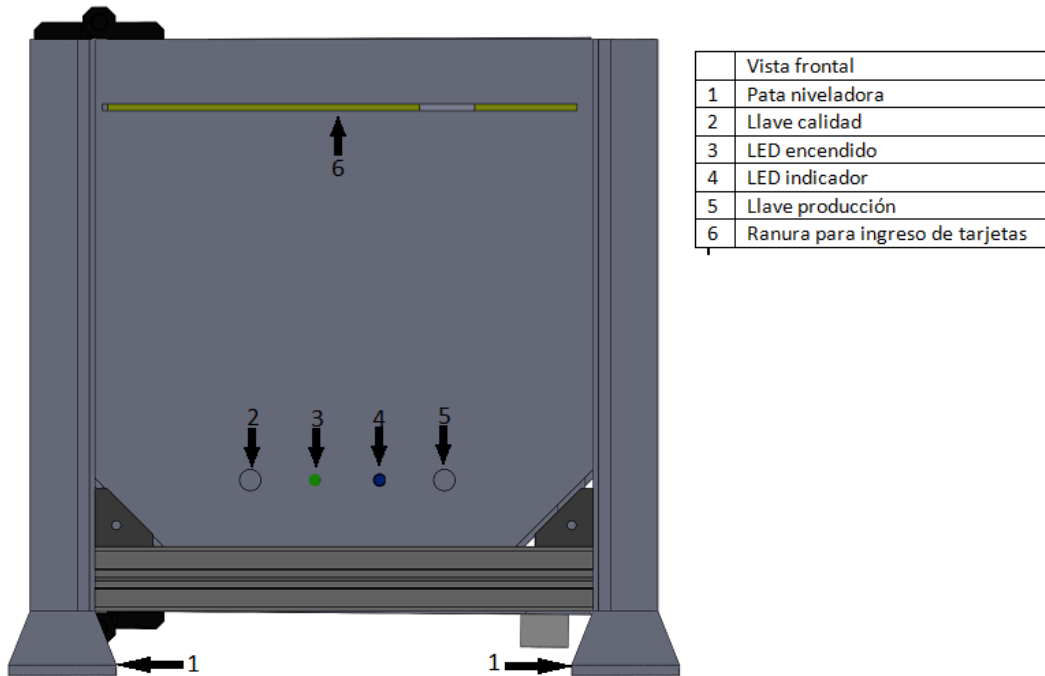


Figura 4 Vista frontal del diseño del contenedor de productos no conformes
FUENTE: Elaboración Propia.

La vista frontal del diseño que se puede ver en la Figura 4, muestra los elementos indicadores y de control que sirven para que el usuario controle y sepa el estado del dispositivo Smart Strap Box.

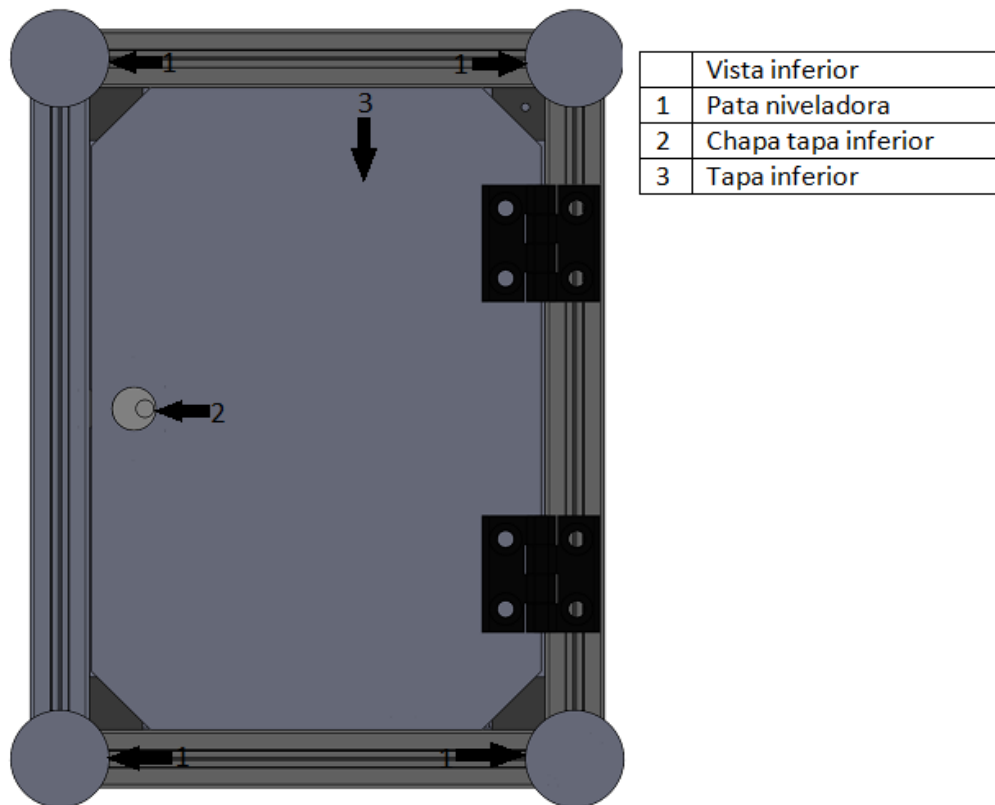


Figura 5 Vista inferior del contenedor de tarjetas PCB no conformes

FUENTE: Elaboración Propia.

En la Figura 5, se muestra la vista inferior de Smart Scrap Box en la cual se identifica que cuenta con un acceso a la electrónica del dispositivo asegurado con una chapa para evitar que se pueda tener un fácil acceso a esta parte del contenedor.

En la Figura 6, se muestra la vista interior del sistema, en la cual se enumera el sensor contador de eventos de ingreso de producto a contenedor, el seguro de ventanilla el cual sirve para evitar que se ingrese producto durante horarios no autorizados, este mecanismo de seguro de ventanilla se encuentra protegido por la carcasa de aislamiento, la ventanilla de ingreso se habilita o deshabilita para permitir el ingreso de producto no conforme por último se enumera la contrachapa y la chapa magnética las cuales en conjunto son el sistema de bloqueo para que sólo el

personal autorizado pueda retirar el producto ya ingresado al contenedor de producto no conforme.



*Figura 6 Vista interior Vista inferior del contenedor de tarjetas PCB no conformes
FUENTE: Elaboración Propia.*

3.1.3 Circuito Electrónico

Para la selección de componentes partimos de la tarjeta principal Arduino uno, de la hoja de datos [24] se identifica que los pines son capaces de entregar y consumir máximo 40mA a 5v. Esta placa cuenta con 13 pines, de los cuales sólo se utilizan diez.

Pin 0 y 1 son usados para la comunicación conectados directamente al módulo RF.

Pin 2 y 3 están asignados por software como detectores de eventos externos un interruptor (SW) alimentado a 5v creará los pulsos para generar el evento como se muestra en la Figura 7.

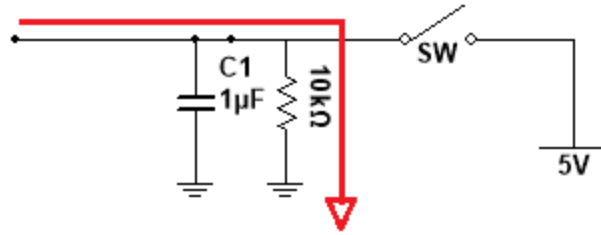


Figura 7 Conexión de Pines de control en el circuito electrónico

FUENTE: Elaboración Propia.

Cuando el interruptor este abierto el camino de la corriente será el marcado con la línea roja saliendo del pin y terminando en tierra. El capacitor al descargarse queda como un circuito abierto. Para que este circuito no quede flotando no podemos poner un camino directo a tierra ya que al activarse el interruptor esto ocasionaría un corto circuito. Entonces para evitar falsos positivos se coloca una resistencia cuyo valor será relativamente grande para que al activarse su consumo de corriente sea mínimo.

En la ecuación 1, se muestra la Ley de Ohm

$$V = I * R \quad (1)$$

Como no hay corriente en la En la ecuación 2 sustituimos el valor de corriente a 0.

En la ecuación 2, se indica la sustitución de elementos

$$V = 0 * 10k \rightarrow V = 0 \quad (2)$$

Así se obtiene “0” lógico sin riesgo de corto circuito

Como el valor de la resistencia es muy grande nos ayuda a que el consumo de corriente parasita sea mínimo y despreciable. Y al estar en paralelo todos los elementos tienen 5v dando un “1” lógico

En la Figura 8, se puede observar que cuando el interruptor se cierra tenemos tres corrientes.

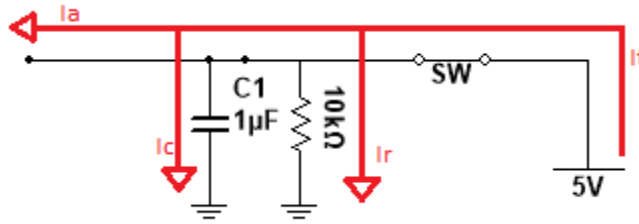


Figura 8 Flujo de corriente de los pines de control
FUENTE: Elaboración Propia.

De hoja de datos se sabe que la entrada digital de arduino tiene una impedancia muy alta ($100M\Omega$) colocando este dato en la En la ecuación 3.

En la ecuación 3, se calcula el flujo de corriente en la

$$I_a = \frac{5V}{100M\Omega} \rightarrow I_a = 50nA \quad (3)$$

Despejando la ley de Ohm se obtiene la En la ecuación 4.

En la ecuación 4, se calcula el flujo de corriente en Ir

$$I_r = \frac{5V}{10k\Omega} \rightarrow I_r = 500\mu A \quad (4)$$

En la ecuación 5, se calcula el flujo de corriente del capacitor Ic.

$$I_c = C \frac{dV_{in}}{dt} \rightarrow I_c = 1\mu F \frac{d5v}{dt} \rightarrow I_c = 0 \quad (5)$$

De la En la ecuación 5 se puede concluir que los pines tendrán un consumo de $500.05\mu A$ cuando se encuentre activo este pin y "0" al desactivarse.

Pin 4 y 10 utilizado para la lectura del sensor de vacío, es un sensor inductivo que tiene disposición NPN, entrega 200 mA y es alimentado de 10 a 30 V para su control se implementa el circuito mostrado en la Figura 9.

Cuando el sensor está apagado el camino de la corriente es el marcado con la línea roja activando la entrada digital del controlador Arduino.

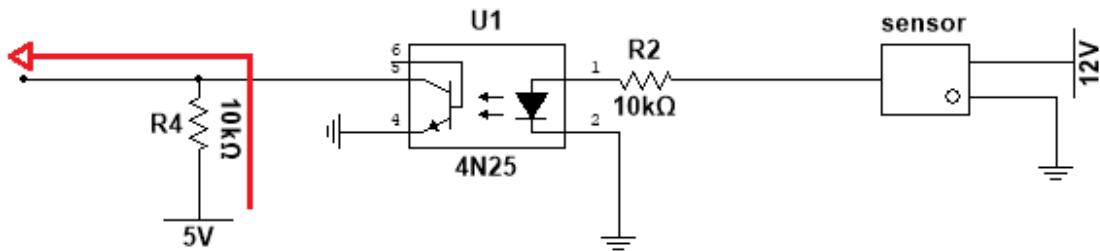


Figura 9 Acoplamiento del sensor de contenedor vacío.
FUENTE: Elaboración Propia.

De hoja de datos se obtiene que los pines de Arduino tienen una impedancia de entrada muy alta $100M\Omega$ aproximadamente, en la En la ecuación 6 analizamos R4.

En la ecuación 6, se calcula el voltaje de salida en los pines del control.

$$V_{out} = V_{in} \frac{R_{arduino}}{R_{arduino} + R4} \rightarrow V_{out} = 5v \frac{100M\Omega}{100.01M\Omega} \rightarrow V_{out} = 4.99v \quad (6)$$

V_{out} representa el voltaje en la entrada del pin garantizando el "1" lógico y en R4 habrá 10mV

Cuando el sensor se activa se tienen los flujos de corriente que se muestran en la Figura 10.

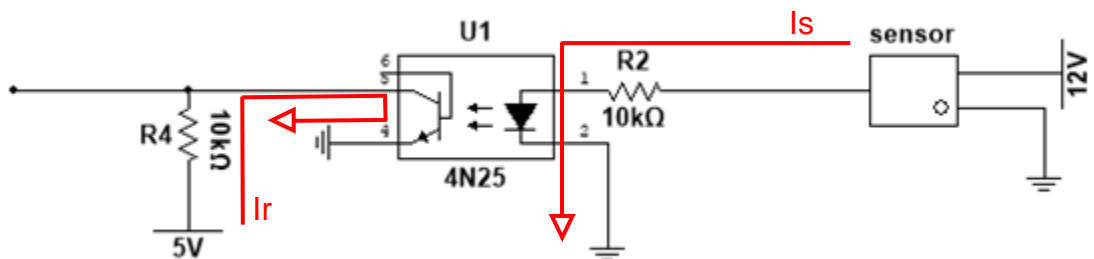


Figura 10 Flujo de corriente del sensor
FUENTE: Elaboración Propia.

Suponiendo un R3 para representar la baja resistencia que tiene el plano de tierra la resistencia interna del Arduino (R1) se observa en la Figura 11.

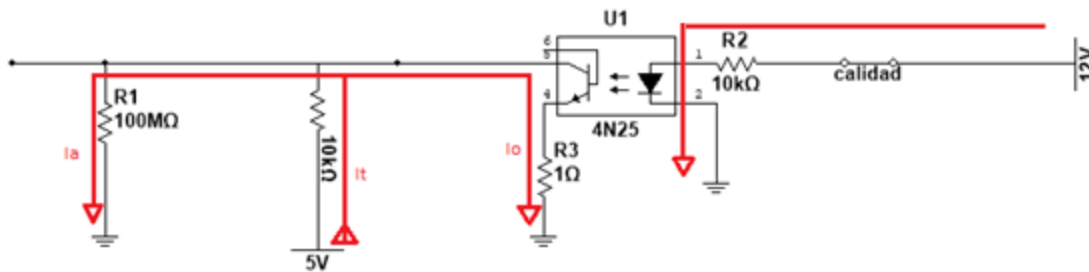


Figura 11 Switch de acceso a personal de calidad
FUENTE: Elaboración Propia.

En la ecuación 7, se analiza R1 para obtener el voltaje en la salida

$$V_{r1} = \frac{5v(100M\Omega//1\Omega)}{10k\Omega+(100M\Omega//1\Omega)} = .499\mu v \approx 0 \quad (7)$$

En la En la ecuación 7 se observa que la caída de voltaje asegura un “0” lógico.

A través de R3 hay una caída de voltaje de 4.9995v esto se debe a la baja oposición de la resistencia al paso de la corriente.

En la En la ecuación 8 en R2 debe haber una caída de tensión suficiente para no quemar el LED interno del opto acoplador.

En la ecuación 8, se muestra la caída de tensión en R2

$$V_{R2} = V_{in} - V_{LED} \rightarrow V_{R2} = 12v - 1.2v = 10.8v \quad (8)$$

Dado el voltaje se calcula una corriente de 10mA, en la En la ecuación 9 se despeja la resistencia de la ley de ohm

En la ecuación 9, se obtiene la corriente en R2

$$R2 = \frac{V}{I} \rightarrow \frac{12v}{10mA} = 1.2k\Omega \quad (9)$$

Se necesita de una resistencia de al menos 1.2kΩ para limitar esta corriente, por existencia se usa una resistencia de 10kΩ por lo tanto la corriente suministrada al LED se muestra en la En la ecuación 10.

En la ecuación 10, se muestra la sustitución de la resistencia de 10 kilo Ohms.

$$I_{LED} = \frac{V}{R} \rightarrow I_{LED} = \frac{12v}{10k\Omega} \quad I_{LED} = 1.2mA \quad (10)$$

En los pines 7,8 y 9 la corriente debe ser menor a 40mA y el voltaje de 5v, proponiendo una corriente intermedia con el circuito de la Figura 12.

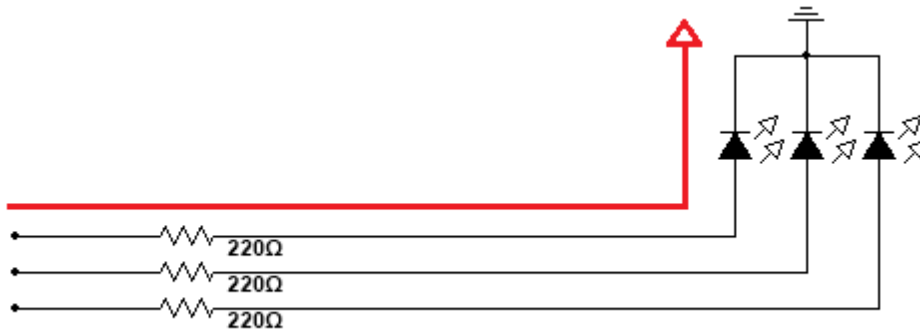


Figura 12 Conexión de los indicadores visuales
FUENTE: Elaboración Propia.

Entonces en la En la ecuación 11 obtenemos:

En la ecuación 11, se muestra el cálculo de la corriente en el Led

$$R = \frac{V}{I} \rightarrow R_{LED} = \frac{5v}{20mA} \quad R_{LED} = 250\Omega \quad (11)$$

En la ecuación 12, en base a el valor comercial más cercano es 220Ω, por lo que se calcula la corriente.

$$I = \frac{V}{R} \rightarrow I_{LED} = \frac{5v}{220\Omega} \quad I_{LED} = 22.7mA \quad (12)$$

De la En la ecuación 12 se obtiene una corriente máxima de 22.7mA de la hoja de datos [25] se sabe que ocupa 20mA y de 1.8 a 3.4 v para trabajar asegurando que opera dentro de los rangos de operación.

El pin 13 es una salida PWM que acciona un servomotor SG90 el cual tiene un consumo de corriente casi nulo ya que tiene una alimentación externa y el voltaje suministrado solo es utilizado como referencia. Por este motivo no ocupa protección eléctrica.

3.1.4 Diagramas eléctricos

Con los elementos electrónicos elegidos y con los cálculos para el funcionamiento correcto del circuito se procede a hacer el diagrama eléctrico para hacer la tarjeta de circuitos impresa. En la Figura 13, se puede observar el esquemático de conexión del circuito electrónico implementado.

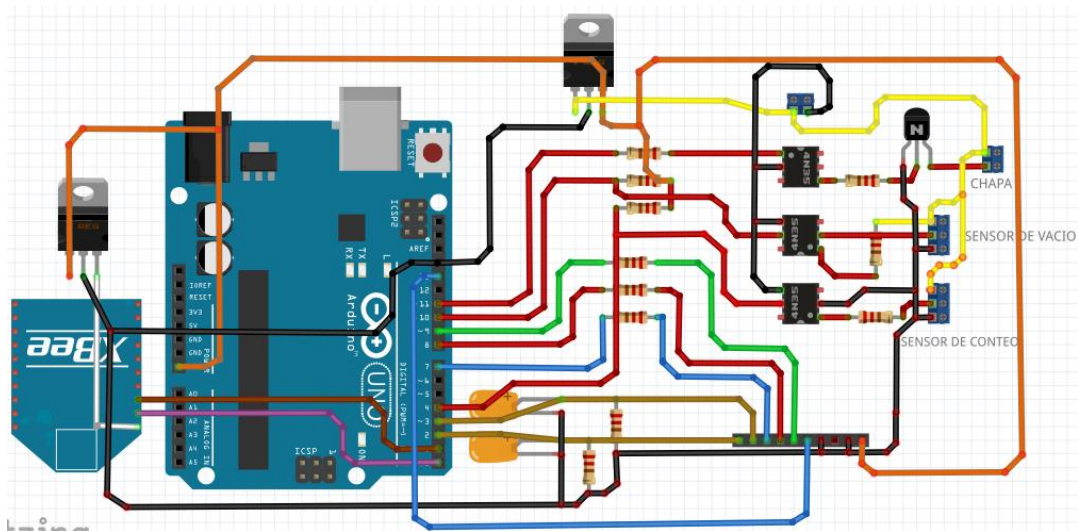


Figura 13 Esquemático de conexión del circuito electrónico.

FUENTE: Elaboración Propia.

1. En color amarillo es la línea de 12V.
2. En color naranja es la línea de 5V.
3. En color blanco es la línea de 3V.
4. En color negro es la línea de GND.

Pin Arduino	Asignación	Punto de conexión
0	Salida	Rx xbee
1	Salida	Tx xbee
2	Entrada	Interruptor llave operador
3	Entrada	Interruptor llave calidad
4	Entrada	Sensor inductivo vacio
5	NC	NC
6	NC	NC
7	Salida -PWM	LED rojo
8	Salida -PWM	LED verde
9	Salida -PWM	LED azul
10	Entrada	Sensor inductivo ventanilla
11	Salida	Chapa magnética
12	NC	NC
13	Salida -PWM	Servo motor

Cuadro 4 Asignación de pines en la tarjeta de control.

FUENTE: Elaboración Propia.

En el Cuadro 4 se muestra la asignación de pines generada en la tarjeta de control.

3.1.5 Arquitectura de Software para el control del contenedor de tarjetas no conformes

La arquitectura de software manejada para el control del sistema embebido es la arquitectura Pipe and filter en donde el procesamiento de datos en un sistema se organiza de forma que cada componente de procesamiento (filtro) sea discreto y

realice un tipo de transformación de datos. Los datos fluyen (como en una tubería) de un componente a otro para su procesamiento. [23]

En la Figura 14, se puede observar el algoritmo de control con el que se programó el microcontrolador, en su capa inicial se observa el flujo general de control que lleva el contenedor de producto no conforme.

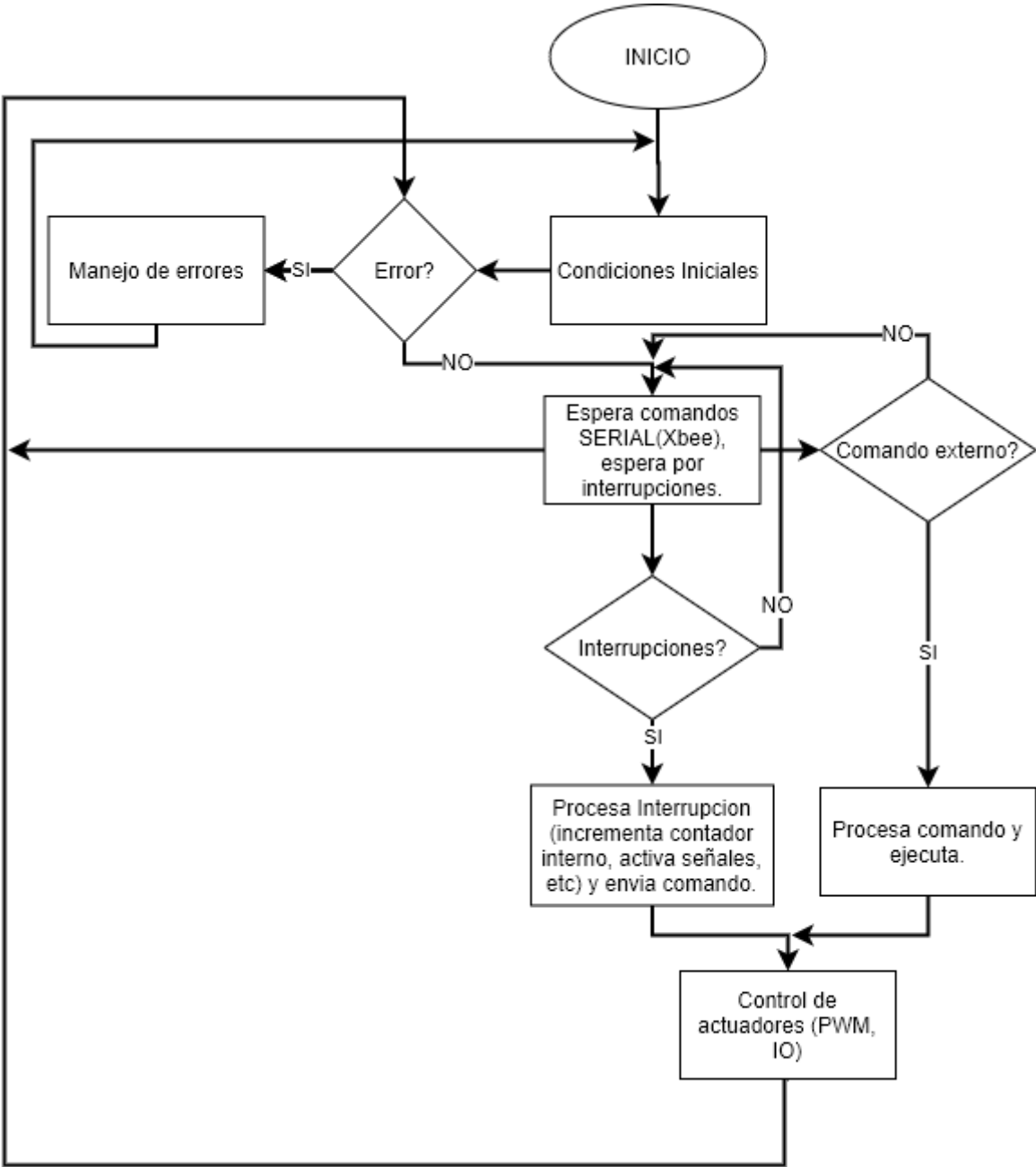


Figura 14 Capa inicial del algoritmo de control de la Smart Scrap Box.

FUENTE: Elaboración Propia.

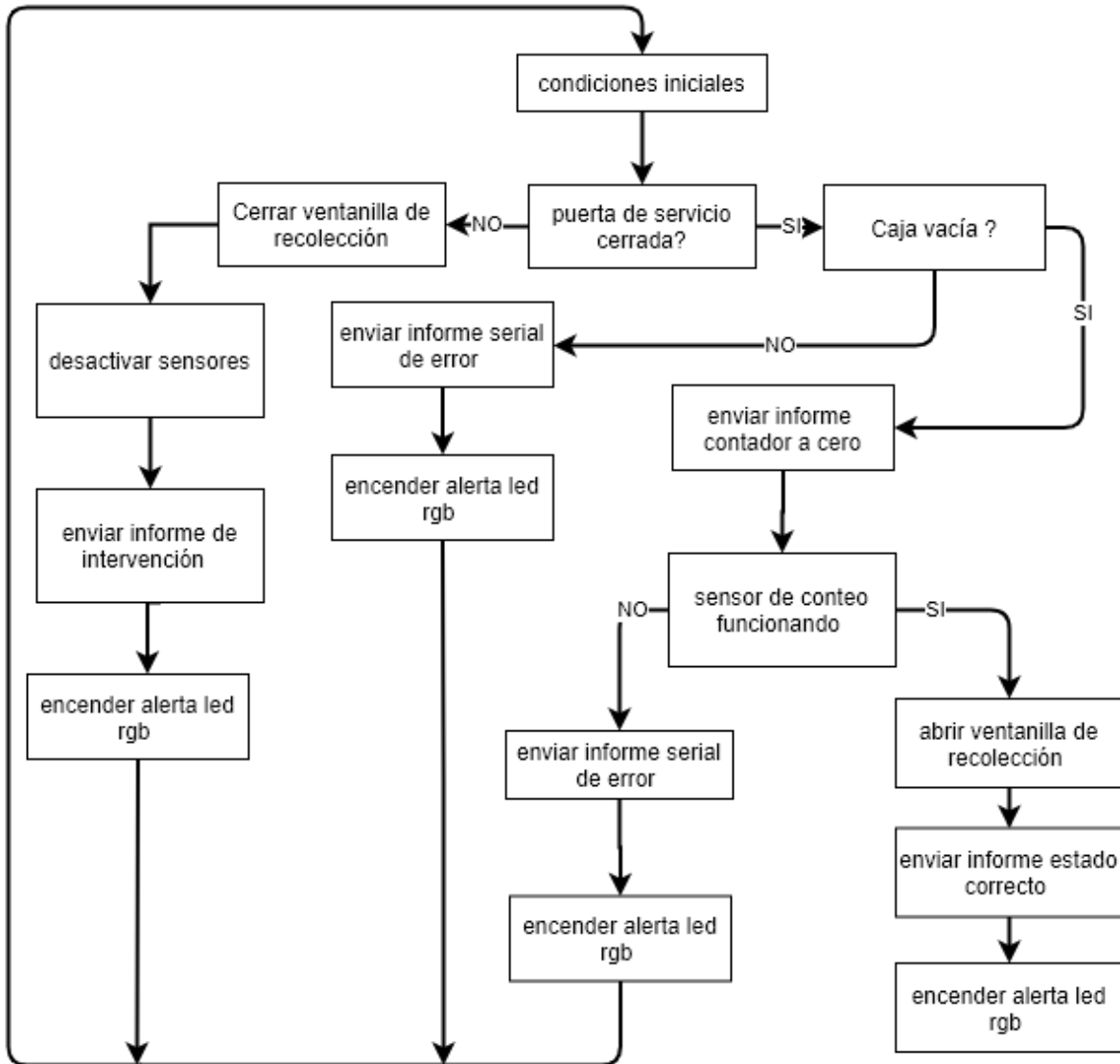


Figura 15 Algoritmo de condiciones iniciales del control del contenedor de producto no conforme.

FUENTE: Elaboración Propia.

En la Figura 15, se muestra el algoritmo para verificar condiciones iniciales en el cual se verifica que el sistema se encuentra en condiciones normales de funcionamiento previo a un arranque o después de una falla.

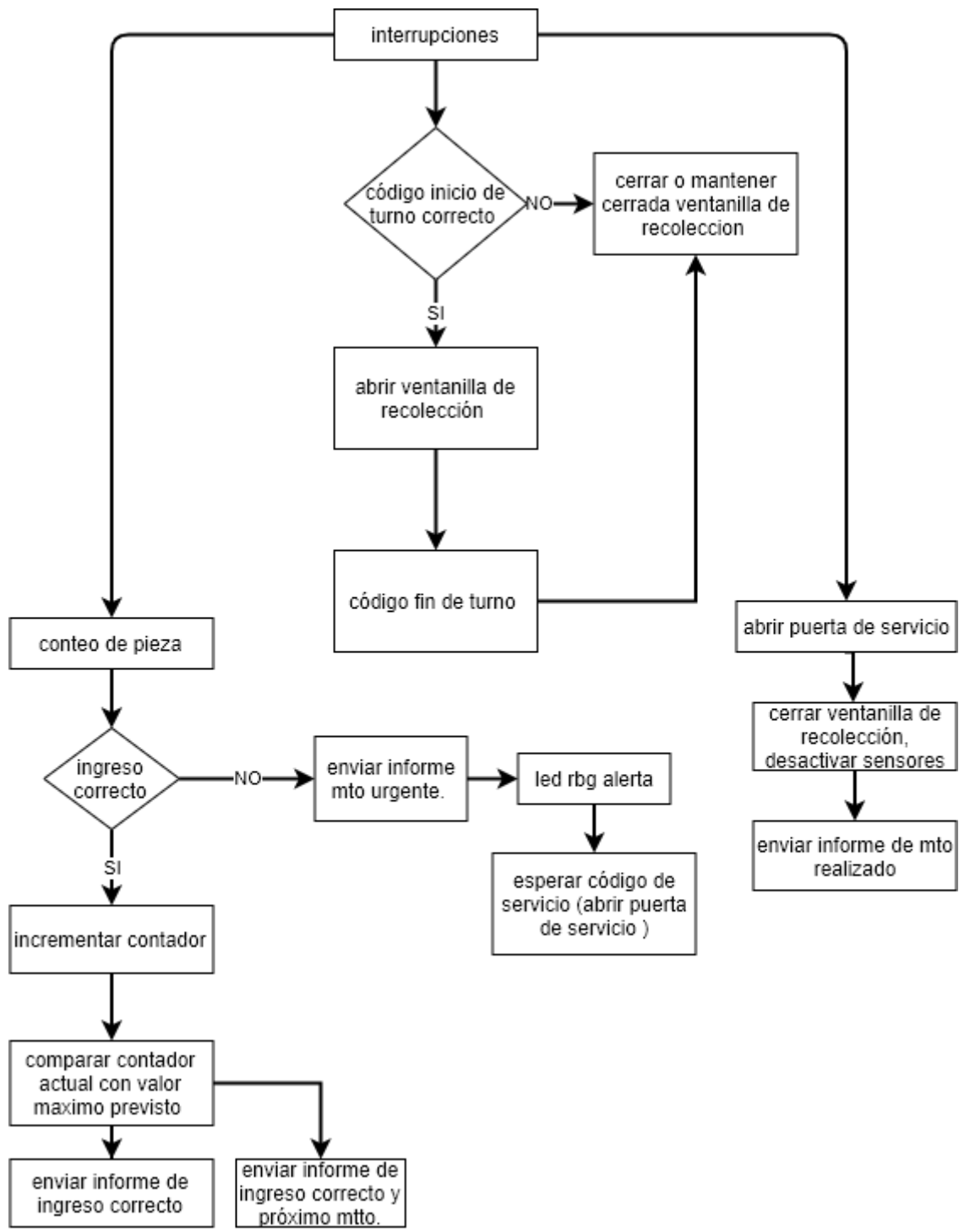


Figura 16 Algoritmo de control de interrupciones del contenedor de producto no conforme.

FUENTE: Elaboración Propia.

En la Figura 16, se muestra el algoritmo para el procesamiento de interrupciones las cuales son las entradas del sistema de control del contenedor de producto no conforme.

3.2 Desarrollo del contenedor de producto no conforme Smart Scrap Box

En esta sección del documento se describe las actividades que se realizaron de manera cronológica para el desarrollo del contenedor de producto no conforme, además de describir el desarrollo del prototipo que se implementó para hacer pruebas de funcionalidad.

3.2.1 Desarrollo del Prototipo del contenedor de producto no conforme para verificar su funcionalidad

Para verificar la funcionalidad del diseño, se realiza un prototipo funcional que cumple con los requisitos del cliente y se basa en el diseño propuesto del sistema.

Para este prototipo se usa un protoboard para implementar los circuitos eléctricos en el diseño, también se usa el sensor óptico BRF-CN, alimentado por una fuente de 12V que alimenta el actuador de salida para un acceso controlado. Para la comunicación inalámbrica, se utilizan dos módulos Xbee Pro S3B, el primero como servidor para recibir la información de los módulos activos y guardar los datos en la nube, y el segundo como una interfaz inalámbrica para enviar y controlar la caja de SCRAP.

La caja de SCRAP es una adaptación de una caja para depositar tarjetas PCB que tiene un orificio para ingresar las tarjetas, se puede observar en la Figura 17, que también tiene un área para la electrónica y un interruptor de llave para abrir la cerradura electrónica. La apertura de la caja depende de la apertura de la cerradura electrónica.

El programa de aplicación se ejecuta en un Raspberry Pi 3B que funciona como un servidor que es el enlace físico de la red Xbee y la red de Internet.



Capítulo 4

Implementación y Resultados

Capítulo 4: Implementación y Resultados

En el presente capítulo se da a conocer la manera de implementación de proyecto Smart SCRAP Box realizando diferentes pruebas de campo y funcionales. Además, se listan los resultados obtenidos de las pruebas y se verifica que correspondan con el funcionamiento deseado.

4.1 Implementación del sistema en un ambiente industrial

En esta sección se muestra la forma en la que se implementó el trabajo obtenido del diseño y desarrollo del sistema Smart SCRAP Box y los elementos que la componen.

4.1.1 Implementación del prototipo de Smart SCRAP Box

Se desarrolló un prototipo funciona para poder comprobar y verificar las teorías de funcionamiento, si como la selección de actuadores y sensores. Como se puede observar en la Figura 17, el circuito electrónico fue aplicado en una protoboard, permitiendo así rápidas modificaciones al circuito y probando diferentes circuitos buscando el que se desempeñe mejor.

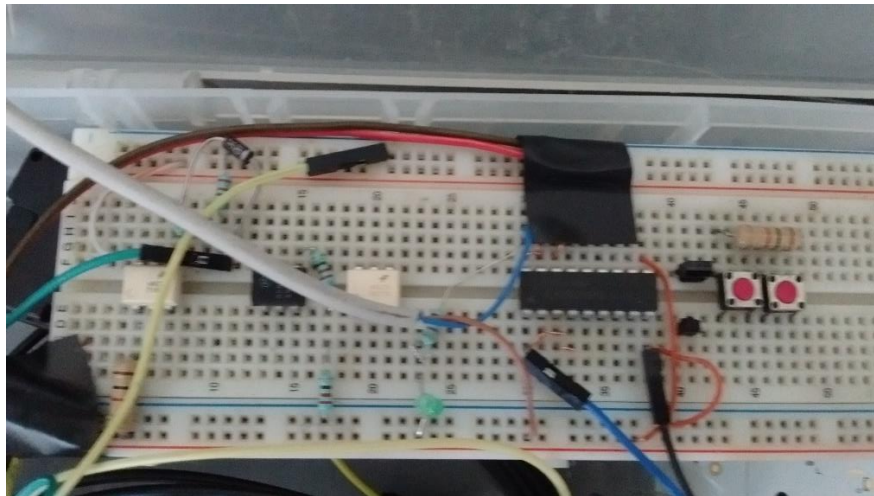


Figura 17 Circuito en protoboard y conexión con tarjetas Xbee utilizados en el prototipo para contenedor de tarjetas inteligentes.

FUENTE: Elaboración Propia.

La capa de aplicación alojada en el servidor es un programa desarrollado en Node-Red como se muestra en la Figura 18, que se comunica con el módulo Xbee que recibe el paquete de datos y lo clasifica en las diferentes entradas del sistema.

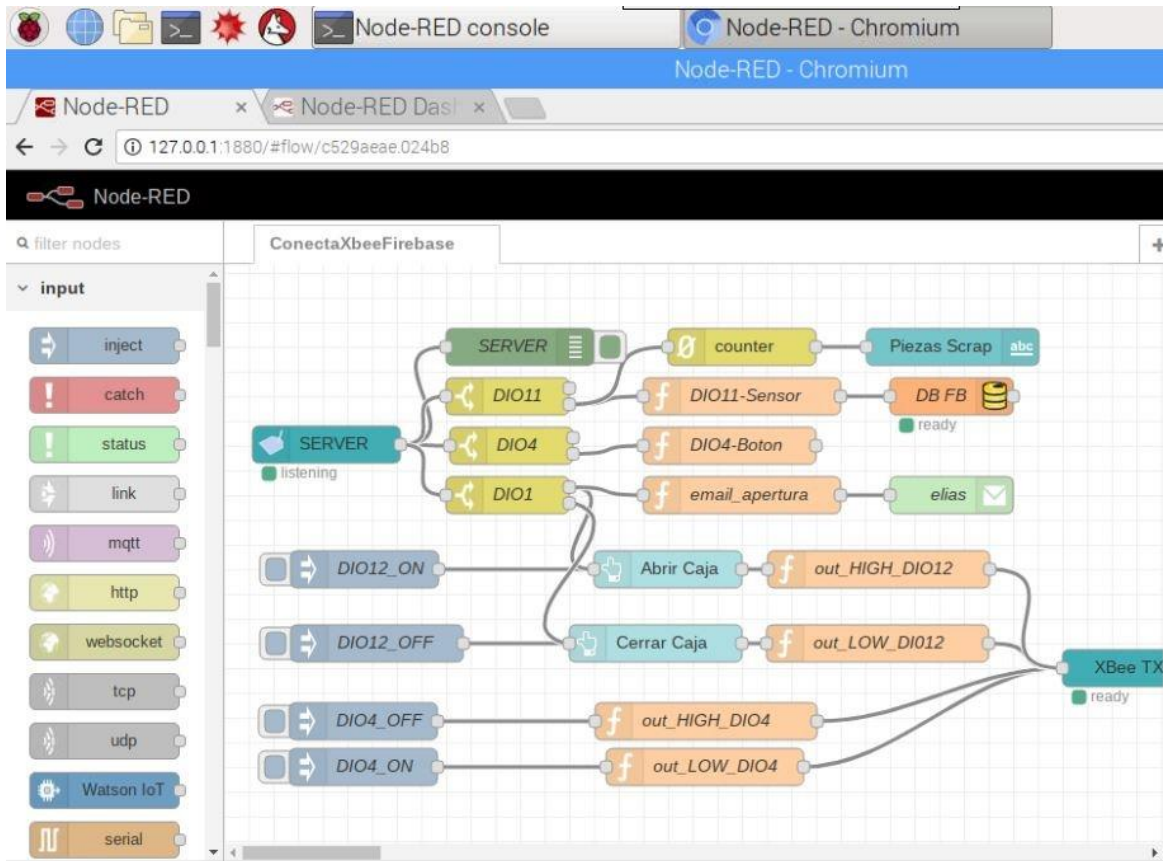


Figura 18 Algoritmo programado en Node-Red implementado en una Raspberry Pi para el registro de los ingresos en una base datos en la nube Firebase.

FUENTE: Elaboración Propia.

Después de identificar los eventos recibidos por el servidor, el programa ejecuta las siguientes funciones:

- Si el sensor del producto se ha activado, Node-Red crea un mensaje JSON con la fecha y la hora de activación y el estado del sensor, y lo envía a la base de datos alojada en FireBase.
- Si se activa el interruptor para abrir la caja de SCRAP, el programa activa la salida digital que controla el bloqueo eléctrico y envía un correo electrónico

indicando que la caja de SCRAP con la fecha y la hora se abrió en la ventana del evento.

En la Figura 19, se puede observar el ingreso de una tarjeta PCB en la ranura del prototipo del contenedor de producto no conforme.



Figura 19 Prototipo funcional de Smart Scrap Box.

FUENTE: Elaboración Propia.

4.1.2 Estructura de Smart SCRAP Box

Se realizó la construcción del diseño mecánico de la caja de scrap tomando en cuenta las observaciones obtenidas del desarrollo previo del prototipo, para la construcción mecánica se necesitó de el corte de los materiales como el policarbonato y el perfil de aluminio como se muestra en la Figura 20.



*Figura 20 Cortes de policarbonato para las caras del contenedor.
FUENTE: Elaboración Propia.*

Después de hacer los cortes y tener los demás materiales necesarios para la caja de SCRAP se procede con el ensamblaje del sistema que se muestra en la Figura 21, cabe mencionar que todos los materiales para hacer la estructura son de nivel y manejo industrial dado que se busca que el sistema final se use en un ambiente industrial este debe de poder soportar golpes y rayaduras.



*Figura 21 Estructura del contenedor de producto no conforme.
FUENTE: Elaboración Propia.*

4.1.3 Tarjeta de circuitos impresa (PCB) en la caja de SCRAP

El hardware electrónico de la caja de SCRAP consta de un microcontrolador ATmega328P, se diseñó una tarjeta de circuitos impresa (PCB) para hacer una implementación rápida pero estable buscando comprobar que la selección de sensores y actuadores sea la correcta para trabajar en un ambiente industrial.

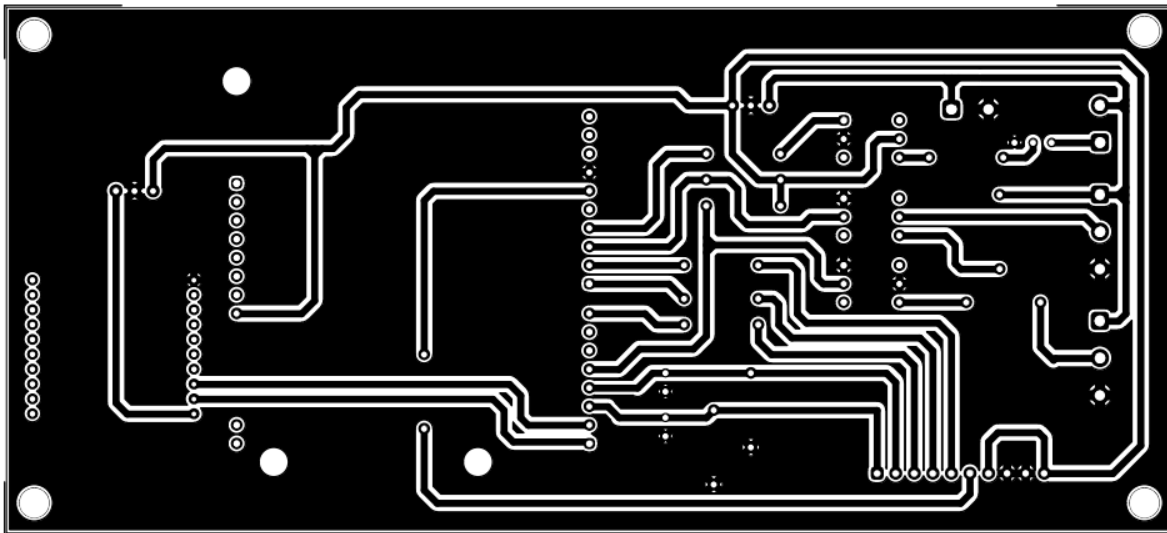


Figura 22 Elaboración del PCB de control.

FUENTE: Elaboración Propia.

En la Figura 22, podemos observar el diseño impreso del circuito previo a la elaboración de la tarjeta por medio del procedimiento convencional quemando las pistas de cobre sobre la impresión.

En la Figura 23, se observa la tarjeta de circuitos completa, se sueldan los componentes a la tarjeta y como se puede observar en la Figura 24, se instala en la parte posterior de la caja de SCRAP como se indica en el diseño para que los componentes electrónicos queden protegidos y ocultos.

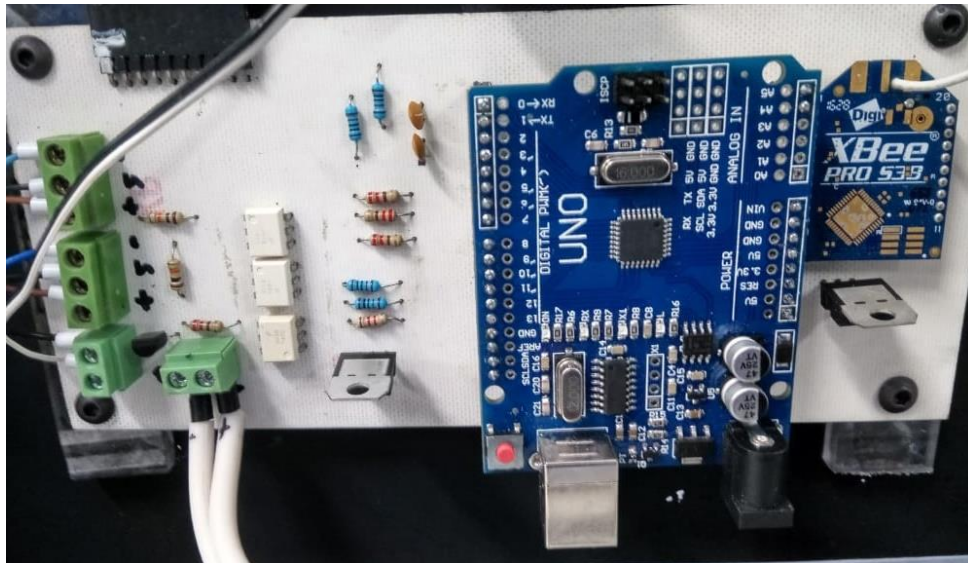


Figura 23 Tarjeta de circuitos impresa para el control del contenedor de producto no conforme.

FUENTE: Elaboración Propia.

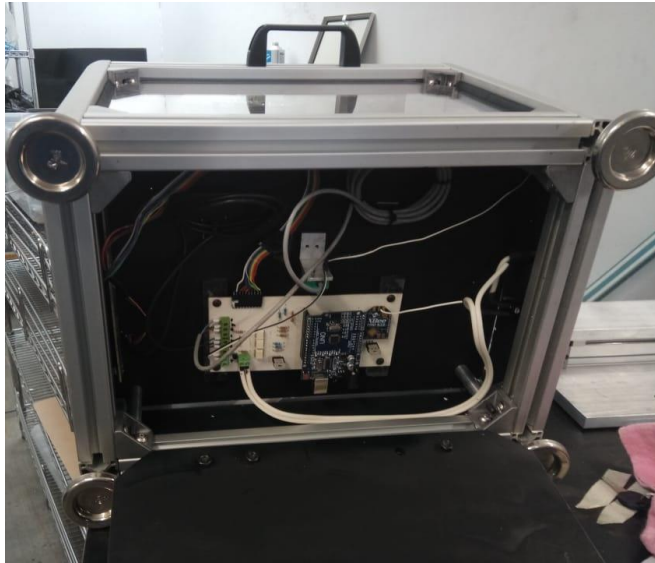


Figura 24 Ubicación de la tarjeta de control en Smart SCRAP Box.

FUENTE: Elaboración Propia.

4.1.4 Software de comunicación y control

La interfaz de usuario se realizó en software Labview² este software de programación gráfica, da una mayor capacidad y libertad de desarrollo permitiendo hacer una pantalla personalizada para cada cliente [26]. Esta interfaz fue desarrollada para mostrar la funcionalidad del equipo, pero se omitieron los logos del cliente y se dejó en un formato genérico para fines de este documento. La empresa Servicios de Automatización y Control cuenta con licencia para hacer desarrollos en esta plataforma de software, además de contar con personal capacitado y certificado en esta plataforma de software.

² NI, "¿Qué es LabVIEW? - National Instruments", *Ni.com*, 2019. [Online]. Available: <https://www.ni.com/es-mx/shop/labview.html>.

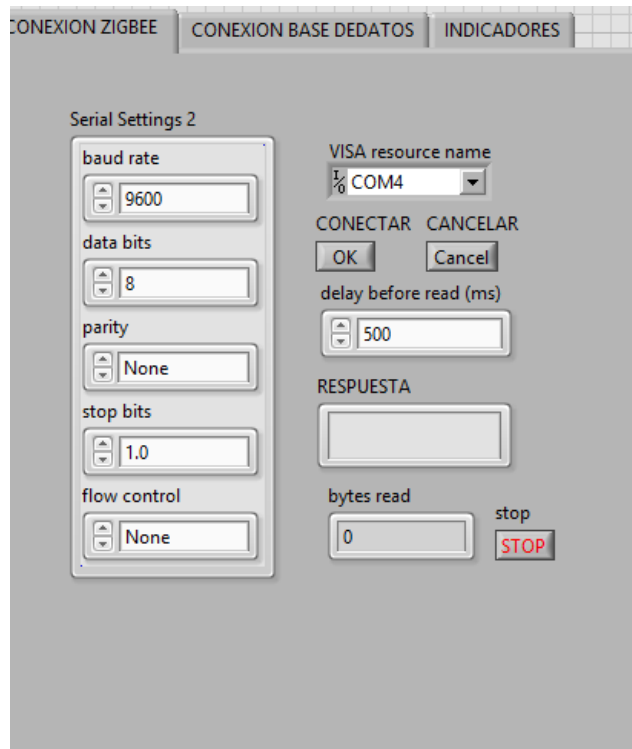


Figura 25 Pantalla de configuración de comunicación.

FUENTE: Elaboración Propia.

En la Figura 25, se muestra la interfaz, la cual permite probar la funcionalidad del equipo con una base de datos para el registro de eventos, pero sin la conexión a internet que contaba el prototipo inicial, esto para comprobar que el sistema también puede trabajar de manera local y en su defecto poder hacer un respaldo en la nube el cual ya ha sido verificado en el primer prototipo. El software cuenta con una ventana de indicadores en la cual se puede monitorear el estatus de la caja de scrap y de cada uno de sus actuadores y sensores. Estos indicadores en pantalla son actualizados a través de la conexión por medio de Zigbee entre el servidor y el contenedor inteligente de productos no conformes, el servidor decodifica las señales continuamente mandadas por el contenedor y las interpreta para poder separar los códigos y actualizar la información en pantalla.

La base de datos local es hecha en Microsoft Access, éste tiene una gran facilidad de manejo de datos y permite generar varios tipos de reportes para mostrar

de manera sencilla los datos obtenidos al cliente. La conexión con la base de datos y LabView se realiza por medio de un vínculo de base de datos utilizando los servicios internos del sistema operativo Windows, la base de datos se da de alta creando un ODBC (Open Data Base Connectivity), el software busca esta conexión y lee y actualiza sus datos a través de ella.

En la Figura 26, se muestra un ejemplo de la base de datos que se creará automáticamente cuando inicie el proceso.

ID	Fecha	Hora	Operario	Lote	Modelo	JOB	SY
1	18/05/2019	05:56:33 p. m.	Francisco Ortiz	Piezas NG	NG001	Matutino	NGHJ
2	18/05/2019	05:56:36 p. m.	Francisco Ortiz	Piezas NG	NG001	Matutino	NGHJ
3	18/05/2019	05:56:46 p. m.	Francisco Ortiz	Piezas NG	NG001	Matutino	NGHJ
4	18/05/2019	05:57:06 p. m.	Francisco Ortiz	Piezas NG	NG001	Matutino	NGHJ
5	18/05/2019	05:57:10 p. m.	Francisco Ortiz	Piezas NG	NG001	Matutino	NGHJ
6	18/05/2019	05:57:59 p. m.	Francisco Ortiz	Piezas NG	NG001	Matutino	NGHJ
7	18/05/2019	05:58:41 p. m.	Francisco Ortiz	Piezas NG	NG001	Matutino	NGHJ
8	18/05/2019	05:58:51 p. m.	Francisco Ortiz	Piezas NG	NG001	Matutino	NGHJ
9	18/05/2019	05:58:58 p. m.	Francisco Ortiz	Piezas NG	NG001	Matutino	NGHJ
10	18/05/2019	05:59:10 p. m.	Francisco Ortiz	Piezas NG	NG001	Matutino	NGHJ
11	18/05/2019	05:59:13 p. m.	Francisco Ortiz	Piezas NG	NG001	Matutino	NGHJ
12	18/05/2019	05:59:15 p. m.	Francisco Ortiz	Piezas NG	NG001	Matutino	NGHJ
13	18/05/2019	05:59:25 p. m.	Francisco Ortiz	Piezas NG	NG001	Matutino	NGHJ
14	18/05/2019	05:59:30 p. m.	Francisco Ortiz	Piezas NG	NG001	Matutino	NGHJ
15	18/05/2019	05:59:35 p. m.	Francisco Ortiz	Piezas NG	NG001	Matutino	NGHJ
16	18/05/2019	05:59:41 p. m.	Francisco Ortiz	Piezas NG	NG001	Matutino	NGHJ
17	18/05/2019	05:59:44 p. m.	Francisco Ortiz	Piezas NG	NG001	Matutino	NGHJ
18	18/05/2019	05:59:48 p. m.	Francisco Ortiz	Piezas NG	NG001	Matutino	NGHJ
19	18/05/2019	05:59:51 p. m.	Francisco Ortiz	Piezas NG	NG001	Matutino	NGHJ
20	18/05/2019	05:59:53 p. m.	Francisco Ortiz	Piezas NG	NG001	Matutino	NGHJ
21	18/05/2019	05:59:56 p. m.	Francisco Ortiz	Piezas NG	NG001	Matutino	NGHJ
22	18/05/2019	06:00:00 p. m.	Francisco Ortiz	Piezas NG	NG001	Matutino	NGHJ
23	18/05/2019	06:00:03 p. m.	Francisco Ortiz	Piezas NG	NG001	Matutino	NGHJ

Figura 26 Base de datos en Access para el registro de eventos del Smart Scrap Box.

FUENTE: Elaboración Propia.

A partir de esta tabla se puede generar un reporte de actividades para que la lectura de los datos almacenados sea más fácil de comprender. En la Figura 27, se muestra uno de los varios tipos de reportes que se pueden generar usando Access.

Reporte de CALIDAD				
Operario	Francisco Ortiz			
ID Lote	Fecha	Modelo		
13 Piezas NG	18/05/2019	NG001		
2 Piezas NG	18/05/2019	NG001		
3 Piezas NG	18/05/2019	NG001		
4 Piezas NG	18/05/2019	NG001		
5 Piezas NG	18/05/2019	NG001		
6 Piezas NG	18/05/2019	NG001		
7 Piezas NG	18/05/2019	NG001		
8 Piezas NG	18/05/2019	NG001		
9 Piezas NG	18/05/2019	NG001		
10 Piezas NG	18/05/2019	NG001		
1 Piezas NG	18/05/2019	NG001		
12 Piezas NG	18/05/2019	NG001		

*Figura 27 Reporte de calidad generado en Access.
FUENTE: Elaboración Propia.*

4.2 Resultados, pruebas de funcionalidad y validación del contenedor inteligente de producto no conforme.

En esta parte del documento se muestran los resultados obtenidos del proceso de pruebas del equipo Smart SCRAP Box. Estas pruebas implican la verificación de las funciones del sistema, así como la prueba de comunicación a distancia en un ambiente de ruido industrial como lo puede ser maquinas fresadoras funcionando, soldadoras y compresores. En la Figura 28, se puede observar el ambiente en donde se aplicaron las pruebas en el dispositivo.

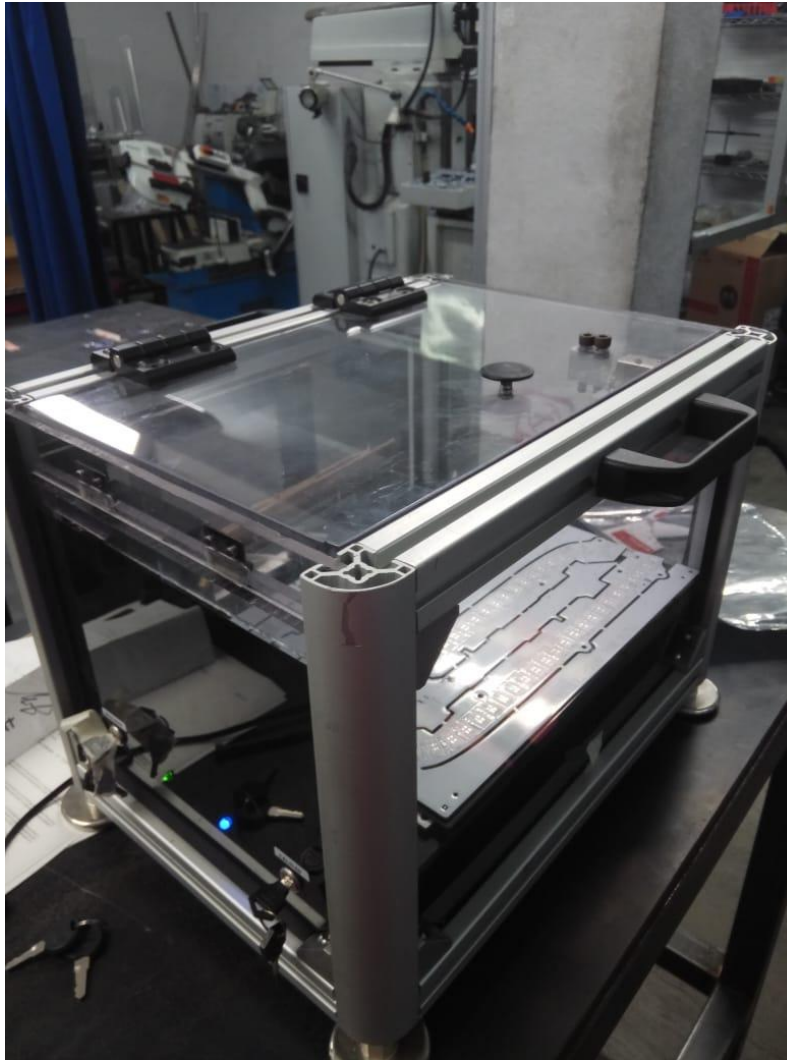


Figura 28 Pruebas de Smart SCRAP Box en instalaciones.

FUENTE: Elaboración Propia.

Para que el equipo pueda funcionar de manera correcta debe ser instalado cumpliendo los siguientes requisitos:

- **MESA DE TRABAJO:** Para el correcto funcionamiento la caja debe ser instalada sobre una superficie plana, libre de vibraciones y golpes.
- **RED INALAMBRICA:** Para la correcta transmisión de información la separación entre la caja (emisor) y el ordenador donde se instale el módulo (receptor) no deberá ser mayor a 100 metros.
- **ALIMENTACION:** La caja de scrap debe estar ubicada a no más de 2 metros de una toma de corriente 127 V AC.

4.2.1 Prueba de Funciones del contenedor inteligente de producto no conforme

El sistema tiene varias funciones principales que deben de trabajar correctamente para que en conjunto den el funcionamiento correcto y esperado de la caja de scrap en un ambiente de trabajo industrial.

Las funciones que se verificaron son:

a) Habilitar el ingreso de producto.

El sistema cuenta con una chapa electrónica con la cual si el usuario autorizado cuenta con la llave puede habilitar el sistema para poder recibir el producto no conforme, esta acción también puede ser habilitada remotamente desde el servidor. Este evento genera un registro en la base de datos.

1. Ingresar la llave en la ranura izquierda (operador), girar 90° y retirar la llave como se muestra en la Figura 29.



Figura 29 Ingresar la llave en la ranura del OPERADOR.

FUENTE: Elaboración Propia.

2. Esperar a que el seguro de apertura de la ranura de producto se retire. En la Figura 30, se observa el seguro de apertura. Este evento se registra en la base de datos.

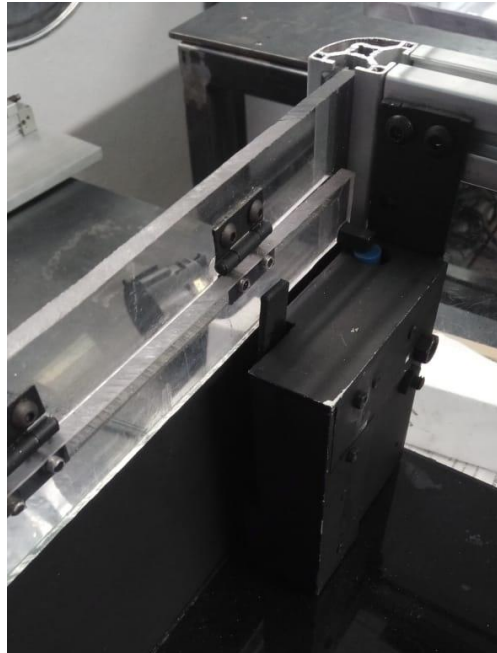


Figura 30 Ranura de Bloqueo de ingreso.

FUENTE: Elaboración Propia.

3. Una vez el seguro se encuentra abajo se puede empezar a ingresar el producto como se puede observar en la Figura 31.



Figura 31 Seguro de ingreso abajo, ranura abierta para producto.

FUENTE: Elaboración Propia.

b) Evento de caja llena.

Cuando la caja se esté a punto de llenar con producto con conforme Smart SCRAP Box cuenta con un algoritmo inteligente que puede aproximar cuando este evento pasa comenzará a solicitar la descarga del producto NG mediante el parpadeo del indicador LED en color verde y reportando a la base de datos dejando un registro de este. Este evento genera registro en la base de datos.

c) Procedimiento de descarga.

1. Ingresar la llave en la ranura derecha (calidad), girar 90° regresar a posición original y retirar la llave. En la Figura 32, se muestra la chapa eléctrica donde se debe ingresar la llave.



Figura 32 Ingresar la llave en la ranura de calidad.

FUENTE: Elaboración Propia.

2. Esperar a que la chapa se retraiga y abrir la tapa superior. Como se observa en la Figura 33, la chapa se retrae y se puede levantar la tapa superior para su apertura.

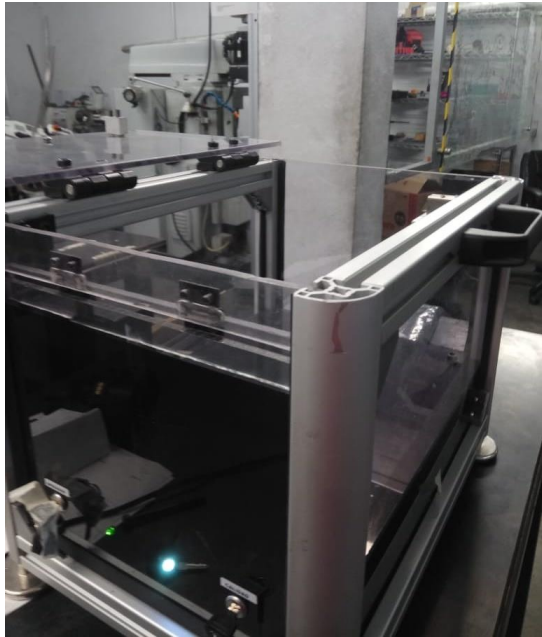


Figura 33 Chapa retraída y puerta abierta.

FUENTE: Elaboración Propia.

3. Retirar todo el producto no conforme y volver a cerrar la tapa. En la Figura 34, se muestra un ejemplo del contenedor inteligente con producto no conforme en su interior.



Figura 34 Caja de SCRAP con producto.

FUENTE: Elaboración Propia.

4. Esperar a que el indicador parpadee en color verde, de lo contrario verificar el error anunciado y solucionar.

d) Bloquear el ingreso de producto.

El sistema cuenta con una chapa electrónica con la cual si el usuario autorizado cuenta con la llave puede bloquear el sistema evitando así que alguna persona no autorizada pueda ingresar producto como no conforme, esta acción también puede ser habilitada remotamente desde el servidor. Este evento genera un registro en la base de datos.

1. Ingresar la llave en la ranura izquierda (operador), girar 90° regresar a posición original y retirar la llave como se muestra en la Figura 35.



Figura 35 Ingresar la llave en la ranura del operador.

FUENTE: Elaboración Propia.

2. Esperar a que el seguro de apertura de la ranura se cierre bloqueando el ingreso de productos. La Figura 36, muestra el accionar del seguro de apertura.

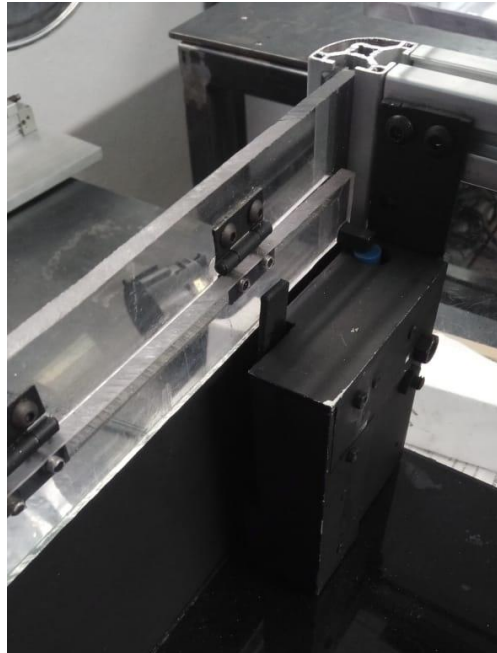


Figura 36 Seguro de apertura bloqueado.

FUENTE: Elaboración Propia.

e) Procedimiento de descarga incompleta

1. Ingresar la llave en la ranura derecha (calidad), girar 90° regresar a posición original y retirar la llave como se indica en la Figura 37.



Figura 37 Ingresar la llave en la ranura de calidad.

FUENTE: Elaboración Propia.

2. Esperar a que la chapa se retraiga y abrir la tapa superior. Se puede observar la tapa superior abierta en la Figura 38.

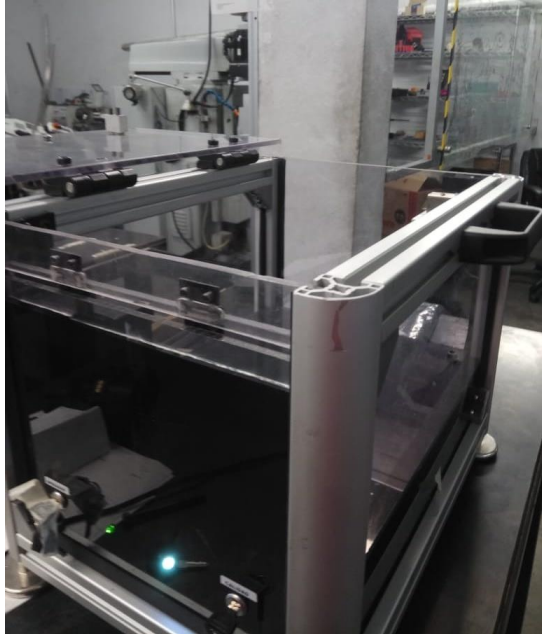


Figura 38 Caja de SCRAP con la puerta abierta.

FUENTE: Elaboración Propia.

3. Si no se retira por completo todo el producto después de 20 segundos Smart SCRAP Box generará una alarma por medio del led indicador parpadeando en color rosa/azul y activando/desactivando el seguro de la puerta de la caja de SCRAP. La Figura 39, nos muestra el led indicador encendido indicando la alarma.



Figura 39 Led indicador con alarma.

FUENTE: Elaboración Propia.

4. Esta alarma se mantendrá hasta retirar todos los productos no conformes de la caja de scrap, Smart Scrap Box apagará el parpadeo del led indicador y después de esto encenderá por un momento el led indicador en color verde como se observa en la Figura 40, indicando que el sistema está listo, además de esto en el servidor se puede observar el estado de la caja de scrap.



Figura 40 Sistema Listo para operar.

FUENTE: Elaboración Propia.

4.3 Estudio de Repetibilidad y Reusabilidad para validar el contenedor inteligente de productos no conformes.

La empresa Servicios de Automatización y Control como parte de su proceso de calidad y validación de equipos. Antes de entregar un equipo al cliente, se procede a hacer una validación del sistema con un estudio de repetibilidad y reusabilidad (R&R).

Un estudio R&R del sistema le ayuda a investigar:

- Repetibilidad: Qué tanto de la variabilidad en el sistema es causada por el dispositivo.
- Reproducibilidad: Qué tanto de la variabilidad en el sistema es causada por las diferencias entre los operadores.
- Si la variabilidad del sistema es pequeña en comparación con la variabilidad del proceso.

El estudio R&R realizado por Servicios de Automatización y Control se basa en tres días de pruebas en las que el equipo Smart Scrap Box es utilizado por tres operadores diferentes sin apagar el equipo por lo que la prueba total dura 72 horas. En estas pruebas cada operador procesa 10 tarjetas de circuitos impresos con tres diferentes modelos para verificar que el sistema sea multimodal, sólo una tarjeta no cumple con las dimensiones de las tarjetas de proceso por lo que no debería ser registrada por el equipo.

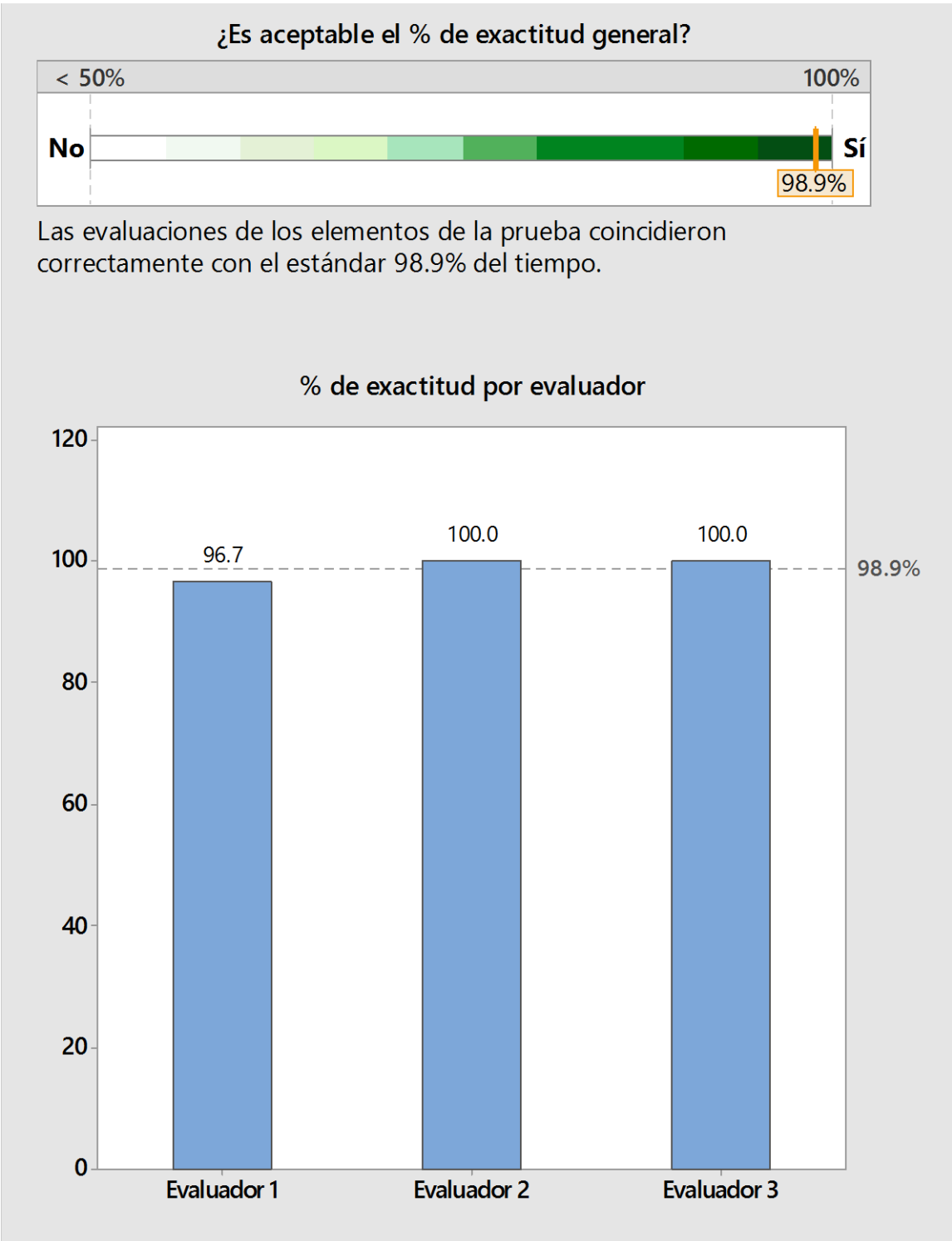


Figura 41 Resultados del estudio R&R para verificar el funcionamiento del contenedor inteligente de producto no conforme.

FUENTE: Elaboración Propia.

Podemos observar en la Figura 41, que al ser un sistema discreto la única variación que se aprecia en el estudio es con uno de los operarios lo que comprueba que el equipo repite sus registros sin importar la hora o el operador y su funcionamiento es reproducible por los operarios por igual.

C1	C2-T	C3	C4-T	C5-T	C6-T
OrdenCorrida	Evaluadores	Pruebas	Elementos de prueba	Resultados	Estándares
3	Evaluador 1	1	Elemento 3	bueno	bueno
4	Evaluador 1	1	Elemento 10	bueno	malo
5	Evaluador 1	1	Elemento 6	bueno	bueno
6	Evaluador 1	1	Elemento 2	bueno	bueno
7	Evaluador 1	1	Elemento 5	bueno	bueno
8	Evaluador 1	1	Elemento 9	bueno	bueno
9	Evaluador 1	1	Elemento 8	bueno	bueno
10	Evaluador 1	1	Elemento 1	bueno	bueno

Figura 42 Variación de registro en Base de datos por parte de los operadores.

FUENTE: Elaboración Propia.

En la Figura 42, se muestra un ejemplo de los datos recopilados para hacer el estudio en base a los registros del contenedor de scrap en la base de datos.



Conclusiones

Conclusiones

En este apartado se muestra las conclusiones a las que se llegó al realizar el proyecto del contenedor inteligente de producto no conforme y se registra el trabajo a futuro a realizar en el proyecto.

El proceso de diseño y desarrollo del proyecto ha permitido la generación de un prototipo que cubre las necesidades del cliente e incluso las supera debido a que no solo registra los ingresos de producto no conforme y asegura que no se pueda retirar el producto después de ingresado, sino que además de manera inalámbrica se pueden verificar los registros y controlar los momentos en los que está permitido ingresar producto, lo que mejora el control de la producción de producto no conforme y permite generar estadística para mejorar los procesos. Además, que gracias a el prototipo se pudo mejorar los sensores dado que los que originalmente se habían elegido no cumplían con lo que se requería. En el diseño de la estructura mecánica, se cubre con los requerimientos iniciales del cliente y además permite una buena portabilidad de la caja de producto no conforme por lo tanto resulta flexible para ser colocada en cualquier lugar de la línea de producción, es decir se adapta al mundo industrial en donde los cambios de línea son muy comunes. El uso del protocolo de comunicación para la conectividad inalámbrica Zigbee, permite tener una gran conectividad con un sistema cifrado de comunicación. Asimismo, permite crecer la cantidad de Smart SCRAP Box en base a la cantidad de líneas que sean necesarias utilizando un solo servidor en el que se registran los eventos en una base de datos local. Finalmente, se puede controlar la Smart SCRAP Box de manera independiente visualizando su estatus y activar sus actuadores.

Las pruebas del sistema se realizaron en un ambiente similar al que puede tener en una empresa en la industria, por lo tanto, el contenedor inteligente considera los posibles ruidos electrónicos y la cantidad de paredes que pudiera tener como interferencia entre el PC servidor y el contenedor inteligente.

Como se puede ver en las pruebas de repetibilidad y reproducibilidad realizadas por el área de calidad de Servicios de Automatización y Control, los resultados obtenidos de estas pruebas fueron satisfactorios cubriendo con las

funciones que debía de hacer y manteniéndose funcional durante 72 horas lo que verifica su factibilidad de uso en una empresa con turnos continuos durante todo el día y noche.

Finalmente Smart SCRAP Box es un dispositivo funcional que puede ser implementado para cubrir las necesidades de nuestro cliente, y además de eso la idea de un contenedor inteligente de control de producto no conforme (scrap) no sólo puede ser aplicada a tarjetas electrónicas como las que trabaja nuestro cliente si no con casi cualquier tipo de producto para mejorar la trazabilidad de la calidad en la empresa, sólo cambiando el tipo de contenedor y tipo de entrada para los productos en base a los productos de la empresa que lo requiera.

Trabajo Futuro

En base a los resultados obtenidos se pueden identificar varios puntos de mejora. Buscando que el sistema sea mejor, por lo tanto, asegurar que se entregue la mejor calidad posible en los productos que se producen en la empresa Servicios de Automatización y Control.

- Se busca realizar un diseño de la tarjeta de control en formato de montaje superficial (SMT), esto para miniaturizar parte de los elementos de la, hacer más robusta y con una mejor presentación la tarjeta electrónica de control.
- Se pretende hacer estudios de consumo de energía del sistema para agregar una fuente de alimentación por baterías permitiendo una mayor flexibilidad en la línea de producción.
- Se puede agregar un led indicador extra que pueda facilitar las posibles alertas y/o fallas y sea más sencillo para el operador su correcta identificación.
- Se busca contar con un indicador sonoro tipo buzzer para alertar al operador de las fallas del sistema.
- La interfaz de usuario se pretende personalizar y hacer en base a los requerimientos de usuario final permitiendo así una mayor personalización del sistema de contenedores inteligentes de productos no conformes para cada empresa.

- Se puede agregar una base de datos en servicios en la nube como firebase³, esto ya fue comprobado con el primer prototipo funcional que se hizo de este proyecto.

Asimismo, como trabajo futuro se tiene contemplado diseñar un plan de mantenimiento y servicio postventa que permita al cliente la mejora de un sistema funcional y duradero con el respaldo de la empresa mexicana que realizó su diseño.

³ Firebase. 2020. *Firestore*. [online] Available at: <<https://firebase.google.com/?hl=es-419>> [Accessed 10 March 2020].

Referencias

- [1] RIA., 2016. Robotic Industries Association. Obtenido de Mexico, Land of Automatización Opportunity. Available at: <https://www.robotics.org/content-detail.cfm/Industrial-Robotics-Industry-Insights/Mexico-Land-of-Automatizaci-n-Opportunity/content_id/6041> [Accessed 6 August 2019].
- [2] Alvarez, M. L., Estévez, E., Sarachaga, I., Burgos, A., & Marcos, M., "A novel approach for supporting the development cycle of automation systems. International Journal of Advanced Manufacturing Technology", 711–725, 2013.
- [3] M. K. Low, D. J. Williams and C. Dixon, "Manufacturing products with end-of-life considerations: an economic assessment to the routes of revenue generation from mature products," in IEEE Transactions on Components, Packaging, and Manufacturing Technology: Part C, vol. 21, no. 1, pp. 4-10, Jan. 1998.
- [4] C. Baojiang, "Research on the products realized processes and the frame of a new type of quality monitoring and control system," 2009 16th International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, Beijing, 2009, pp. 1014-1017.
- [5] P. Golinska, P. Pawlewski and M. Fertsch, "Monitoring the production flow in automotive industry," 2008 World Automation Congress, Hawaii, HI, 2008, pp. 1-6.
- [6] IEEE, S., 2005. 802.15.1-2005 - IEEE Standard For Information Technology-- Local And Metropolitan Area Networks-- Specific Requirements-- Part 15.1A: Wireless Medium Access Control (MAC) And Physical Layer (PHY) Specifications For Wireless Personal Area Networks (WPAN). [online] Standards.ieee.org. Available at: <<http://standards.ieee.org/findstds/standard/802.15.1-2005.html>> [Accessed 12 July 2019].
- [7] R. de Vegt, "Potential Compromise for 802.11ah Use Case Document," IEEE 802.11-11/0457r0, Mar. 2011.
- [8] Lee. JS, Su. YW and Shen. CC, "A comparative study of wireless protocols: Bluetooth, UWB, ZigBee and WiFi," Proceedings of the 33rd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON), pp. 46- 51, November 2007.
- [9] S. Lin, J. Liu, and Y. Fang, "ZigBee Based Wireless Sensor Networks and Its Applications in Industrial," 2007 IEEE International Conference on Automation and Logistics, pp. 1–1, Aug. 2007.
- [10] ZigB Zigbee, A., 2015. Home - Zigbee Alliance. [online] Zigbee Alliance. Available at: <<http://www.zigbee.org>> [Accessed 17 September 2019].
- [11] D. Vasicek, J. Jalowiczor, L. Sevcik and M. Voznak, "IoT Smart Home Concept," 2018 26th Telecommunications Forum (TELFOR), Belgrade, Serbia, 2018, pp. 1-4.
- [12] Tenghong, Liu et al. "Research on the Internet of Things in the Automotive Industry." 2012 International Conference on Management of e-Commerce and e-Government (2012): 230-233.

- [13] K. S. Velrani, G. Geetha, "Sensor based healthcare information system", IEEE Technological Innovations in ICT for Agriculture and Rural Development (TIAR), pp. 86-92, July 2016
- [14] Burratti, "Performance analysis of IEEE 802.15.4 nonbeacon enabled mode," IEEE transactions on Vehicular Technology, Vol. 58, No. 7, pp. 3480-3493, 2009.
- [15] M. Collotta and G. Pau, "A Novel Energy Management Approach for Smart Homes Using Bluetooth Low Energy," in IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 33, no. 12, pp. 2988-2996, Dec. 2015.
- [16] Bluetooth® Technology Website. n.d. *Bluetooth Technology Website | The Official Website Of Bluetooth Technology..* [online] Available at: <<https://www.bluetooth.com/>> [Accessed 24 November 2018].
- [17] P. Di Marco, R. Chirikov, P. Amin and F. Militano, "Coverage analysis of Bluetooth low energy and IEEE 802.11ah for office scenario," 2015 IEEE 26th Annual International Symposium on Personal, Indoor, and Mobile Radio Communications (PIMRC), Hong Kong, 2015, pp. 2283-2287.
- [18] P. C. Jain, "Recent trends in next generation sub1GHz wireless local area network for Internet of Things" 2015 39th National Systems Conference (NSC), Noida, 2015, pp. 1-6.
- [19] B. Domazetović, E. Kočan and A. Mihovska, "Performance evaluation of IEEE 802.11ah systems," 2016 24th Telecommunications Forum (TELFOR), Belgrade, 2016, pp. 1-4.
- [20] "WSN-9792 - National Instruments", Ni.com, 2018. [Online]. Available: <http://www.ni.com/en-us/support/model.wsn-9792.html>. [Accessed: 15- Jul- 2018].
- [21] ProSoft Technology, "Wireless I/O Radio Kit - ProSoft Technology Inc", Prosoft-technology.com, 2018. [Online]. Available: <http://www.prosoft-technology.com/Products/Industrial-Wireless/I-O/Wireless-I-O-Radio-Kit>. [Accessed: 23- Jul- 2018].
- [22] "System On Modules - Ultra-compact & highly integrated embedded solutions - Digi International", Digi.com, 2018. [Online]. Available: <https://www.digi.com/products/embedded-systems/system-on-modules>. [Accessed: 15- Jul- 2018].
- [23] Sommerville, I. (2011). Software Engineering. Pearson.
- [24] UNO, A. (2019). *Arduino UNO*. [online] Available at: <http://static6.arrow.com/aropdfconversion/97b354c3cd11851042ebd1fd252fbd6b6def5a73/adafruit2877arduinouno.pdf> [Accessed 19 Nov. 2019].
- [25] Arduino.cc. (2019). Led RGB. [online] Available at: <https://www.arduino.cc/documents/datasheets/LEDRGB-L-154A4SURK.pdf> [Accessed 19 Nov. 2019].

- [26] K. B. Swain, G. Santamanyu and A. R. Senapati, "Smart industry pollution monitoring and controlling using LabVIEW based IoT," 2017 Third International Conference on Sensing, Signal Processing and Security (ICSSS), Chennai, 2017, pp. 74-78.



Anexos

Anexos

Anexo 1 Hoja de datos sensor Inductivo de contenedor vacío modelo NBB2-V3-E0

Función de conmutación	Normalmente abierto (NA)
Tipo de salida	NPN
Distancia de conmutación de medición	2 mm
Instalación	enrasado
Polaridad de salida	CC
Distancia de conmutación asegurada	0 ... 1,62 mm
Factor de reducción r_{AI}	0,35
Factor de reducción r_{Cu}	0,2
Factor de reducción $r_{1.4301}$	0,7
Tipo de salida	3-hilos
Tensión de trabajo	10 ... 30 V CC
Frecuencia de conmutación	0 ... 1000 Hz
Protección contra la inversión de polaridad	protegido
Protección contra cortocircuito	sincronizado
Caída de tensión	≤ 3 V
Corriente de trabajo	0 ... 100 mA
Corriente residual	0 ... 0,5 mA tip. 0,1 μ A a 25 °C
Corriente en vacío	≤ 15 mA
Indicación del estado de conmutación	LED, amarillo

Anexo 2 Hoja de datos del actuador para la ventanilla de acceso de tarjetas electrónicas

Fabricante: Tower Pro

Tipo: Servomotor SG90

Características:

- Voltaje de operación: 4.8 V (~5 V)
- Velocidad de operación: 0.1 s/60°
- Torque detenido: 1.8 kgf·cm
- Banda muerta: 10 μs
- Capacidad de rotación: 180° aprox. (90° en cada dirección)
- Peso ligero: 9 g
- Dimensiones compactas: Largo 22.2 mm, ancho 11.8 mm, altura 31 mm aprox.
- Largo del cable: 25 cm aprox.
- Piñonera plástica de nylon
- Incluye 3 brazos o cuernos (horns) y su tornillo de sujeción, 2 tornillos para montaje del servo y cable de conexión con conector
- Conector universal tipo "S" compatible con la mayoría de receptores incluyendo Futaba, JR, GWS, Cirrus, Blue Bird, Blue Arrow, Corona, Berg, Spektrum y Hitec, entre otros

Anexo 3 Hoja de datos del control principal del contenedor de productos no conforme Microcontrolador ATmega328

Microcontroller	<u>ATmega328P</u>
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limit)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
PWM Digital I/O Pins	6
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	20 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328P) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328P)
EEPROM	1 KB (ATmega328P)
Clock Speed	16 MHz
LED_BUILTIN	13
Length	68.6 mm
Width	53.4 mm
Weight	25 g

Anexo 4 Carta de No conflicto de intereses Evaluador 1



SERVICIOS DE
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

FORMATO
2.1.6.1

Declaración de ausencia de conflicto de intereses

AGUASCALIENTES, AGS., A 29 DE NOVIEMBRE DE 2019

DIRIGIDO A: QUIEN CORRESPONDA.

Por medio de la presente le hago llegar un cordial saludo y declaro que:

Yo Jessica Itzel Westrup Reyes de ahora en adelante nombrada Evaluador 1.

No me encuentro en una situación de conflicto de intereses con respecto a el "Estudio de Repetibilidad y Reusabilidad para validar el contendor inteligente de productos no conformes". El conflicto de intereses puede ser de indole económica o ser fruto de afinidades políticas o nacionales, de relaciones familiares o sentimentales o de cualquier tipo de relación o de intereses comunes.

Quedo de usted para cualquier duda y/o aclaración.

Sin más por el momento se despide

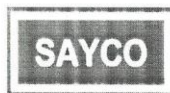
Ing. Jessica Itzel Westrup Reyes

Evaluador 1

DESARROLLADO POR: SERVICIOS DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL
Vista Hermosa #109 FRACC. Municipio Libre C.P. 20196
Aguascalientes, Ags. México.
Tel(s): (449) 109 12 07
victor.romo@saycomx.com
WWW.SAYCOMX.COM

1

Anexo 5 Carta de No conflicto de intereses Evaluador 2



SERVICIOS DE
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

FORMATO
2.1.6.1

Declaración de ausencia de conflicto de intereses

AGUASCALIENTES, AGS., A 29 DE NOVIEMBRE DE 2019

DIRIGIDO A: QUIEN CORRESPONDA.

Por medio de la presente le hago llegar un cordial saludo y declaro que:

Yo Carlos Alejandro López García de ahora en adelante nombrado Evaluador 2.

No me encuentro en una situación de conflicto de intereses con respecto a el "Estudio de Repetibilidad y Reusabilidad para validar el contendor inteligente de productos no conformes". El conflicto de intereses puede ser de índole económica o ser fruto de afinidades políticas o nacionales, de relaciones familiares o sentimentales o de cualquier tipo de relación o de intereses comunes.

Quedo de usted para cualquier duda y/o aclaración.

Sin más por el momento se despide

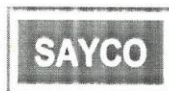
Ing. Carlos Alejandro López García

Evaluador 2

DESARROLLADO POR: SERVICIOS DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL
Vista Hermosa #109 FRACC. Municipio Libre C.P. 20196
Aguascalientes, Ags. México.
Tels) (449) 109 12 07
victor.romo@saycomx.com
WWW.SAYCOMX.COM

2

Anexo 6 Carta de No conflicto de intereses Evaluador 3



SERVICIOS DE
AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

FORMATO
2.1.6.1

Declaración de ausencia de conflicto de intereses

AGUASCALIENTES, AGS. 29 DE NOVIEMBRE DE 2019

DIRIGIDO A: QUIEN CORRESPONDA.

Por medio de la presente le hago llegar un cordial saludo y declaro que:

Yo Edson Giovanni Morales Delgado de ahora en adelante nombrado Evaluador 3.

No me encuentro en una situación de conflicto de intereses con respecto a el "Estudio de Repetibilidad y Reusabilidad para validar el contendor inteligente de productos no conformes". El conflicto de intereses puede ser de indole económica o ser fruto de afinidades políticas o nacionales, de relaciones familiares o sentimentales o de cualquier tipo de relación o de intereses comunes.

Quedo de usted para cualquier duda y/o aclaración.

Sin más por el momento se despide

Ing. Edson Giovanni Morales Delgado

Evaluador 3