

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

Diseño de cerradura inteligente para el hostel Armonía Lodge

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO EN MECATRÓNICA

Presentado por:

Jorge Carlos Hidalgo Revelo

Jeremy Carlos León Andrade

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2020

DEDICATORIA

A Rossanna, que a lo largo de estos años ha sido mi motivación y el por qué cada vez que dudaba y quería tirar la toalla, decidía continuar mi camino.

Jeremy Carlos León Andrade

DEDICATORIA

Dedico con todo corazón mi tesis a mi padre por apoyarme en todo momento motivándome siempre y dándome fuerza para seguir adelante, sé que desde cielo me estás viendo.

Jorge Carlos Hidalgo Revelo

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres por las enseñanzas que me han dado a lo largo de mi vida, sin ellas no habría llegado tan lejos. A la M.Sc. Adriana Collaguazo y al M.Sc. Efraín Terán por aceptar compartir este reto con nosotros. A mi compañero de tesis Jorge Hidalgo, que a lo largo de este proyecto se ha convertido en un hermano para mí. Y a todas las amistades que he hecho a lo largo de estos años, que han llenado de gratos momentos mi carrera universitaria.

Jeremy Carlos León Andrade

AGRADECIMIENTOS

Agradezco por acompañarme a lo largo de mi carrera a toda mi familia, en especial a mi madre y a mi abuelita. A la M.Sc. Adriana Collaguazo y al M.Sc. Efraín Terán por aceptar compartir este reto con nosotros. A mi compañero de tesis Jeremy León, que se ha vuelto parte de mi familia, aguantándome en todo momento. De manera especial: Jonito, Lucio, Jhon, Alvaro y Mei-ling por ayudarme a lo largo de mi carrera, convirtiendo las largas jornadas de trabajo en momentos felices y recuerdos inolvidables.

Jorge Carlos Hidalgo Revelo

DECLARACIÓN EXPRESA

“Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Jeremy Carlos León Andrade* y *Jorge Carlos Hidalgo Revelo* damos mi nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual”

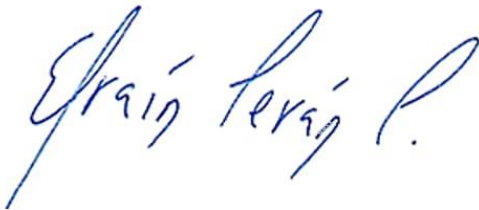


Jeremy Carlos León
Andrade



Jorge Carlos Hidalgo
Revelo

EVALUADORES



Efraín Terán M.Sc.

PROFESOR DE LA MATERIA



Adriana Collaguazo M.Sc.

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

El sector turístico representa la tercera fuente de ingresos de origen no petrolero más importante para la economía ecuatoriana. Los diferentes atractivos turísticos que Ecuador posee reciben miles de turistas a diario tanto extranjeros como nacionales permitiendo el crecimiento del sector hotelero. Uno de los factores que más importa en el sector hotelero es la seguridad, actualmente los sistemas de seguridad de los hoteles son obsoletos y con nivel muy bajo de eficacia, esto afecta a otros procesos internos como el registro de los huéspedes, disminuyendo la rapidez y efectividad de este. Además, requiere de personal extra generando un gasto innecesario para los hoteles. Por lo que se planteó un diseño mecatrónico que reconozca a los huéspedes de manera remota logrando una mayor seguridad y aumentando la rapidez de los procesos. En este trabajo se planteó el diseño de una cerradura inteligente la cual es un acople que se ubica en la parte interior de la habitación y se comunica a través de bluetooth a un aplicativo móvil que permite el accionamiento mediante el ingreso de una clave única, la cual es enviada al correo electrónico del huésped. La metodología de diseño se empezó con la selección de los módulos de comunicación, sensores, motor, microcontrolador y fuente de alimentación, para finalmente obtener el circuito eléctrico. Luego, se programó y desarrolló la interfaz gráfica del aplicativo móvil y finalmente se diseñó un mecanismo de acople para la cerradura seguido del diseño mecánico de la carcasa que va a contener todos los dispositivos eléctricos. Mediante la realización del prototipo se cumplió todos los requerimientos de diseño mecatrónico planteados, siendo capaz de abrir la cerradura de manera remota usando una aplicación móvil avanzada que está integrada con el prototipo mecánico de la cerradura y los servicios en red. Además, el dispositivo móvil brinda una mayor seguridad ya que su apertura solo se realiza mediante el código único y lograr un rápido tiempo de respuesta al momento que el usuario acciona el sistema.

Palabras Clave: sector hotelero, seguridad, cerradura inteligente, aplicación móvil avanzada

ABSTRACT

The tourism sector represents the third most important non-oil source of income for the Ecuadorian economy. The different tourist attractions that Ecuador has receive thousands of tourists daily, both foreign and national, allowing the growth of the hotel sector. One of the most important factors in the hotel sector is security, currently hotel security systems are obsolete and with a very low level of efficiency, this affects other internal processes such as guest registration, reducing the speed and effectiveness of this. In addition, it requires extra staff generating unnecessary expense for hotels. Therefore, a mechatronic design was proposed that recognizes guests remotely, achieving greater security and increasing the speed of processes. In this work, the design of an intelligent lock was proposed, which is a coupling that is located in the interior part of the room and communicates via Bluetooth to a mobile application that allows activation by entering a unique password, the which is sent to the guest's email. The design methodology began with the selection of the communication modules, sensors, motor, microcontroller, and power supply, to finally obtain the electrical circuit. Then, the graphical interface of the mobile application was programmed and developed and finally a coupling mechanism for the lock was designed, followed by the mechanical design of the casing that will contain all the electrical devices. By carrying out the prototype, all the mechatronic design requirements raised were met, being able to open the lock remotely using an advanced mobile application that is integrated with the mechanical prototype of the lock and the network services. In addition, the mobile device provides greater security since its opening is only done by means of the unique code and achieve a fast response time now the user operates the system.

Keywords: hotel sector, security, smart lock, advanced mobile application.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS	VI
SIMBOLOGÍA	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	X
CAPÍTULO 1	1
1. Introducción	1
1.1 Planteamiento de Problema.....	3
1.2 Justificación del Problema	4
1.3 Objetivos.....	5
1.3.1 Objetivo General	5
1.3.2 Objetivos específicos	5
1.4 Marco teórico	5
1.4.1 Internet de las Cosas (IoT).....	5
1.4.2 Arquitecturas de IoT	6
1.4.3 Tecnologías utilizadas en IoT.....	7
1.4.4 Ambientes inteligentes con IoT	11
1.4.5 Dispositivos Inteligentes utilizados en IoT	11
1.4.6 Cerraduras inteligentes	13

1.4.7	Aplicaciones móviles avanzadas.....	15
CAPÍTULO 2.....		17
2.	Metodología	17
2.1	Propuesta de la cerradura inteligente	17
2.2	Proceso de diseño	19
2.3	Requerimientos de diseño	21
2.4	Diseño conceptual	21
2.5	Selección de módulos de comunicación	22
2.5.1	Módulo de Bluetooth	22
2.6	Selección de sensores.....	23
2.7	Selección de motor	24
2.8	Microcontrolador	26
2.9	Selección de fuente de alimentación	26
2.10	Selección de reguladores de voltaje	28
2.11	Diseño de esquema eléctrico.....	28
2.11.1	Conexiones del módulo Bluetooth.....	28
2.11.2	Conexión del encoder incremental.....	29
2.11.3	Conexión del motor DC	30
2.11.4	Conexión del medidor de voltaje de batería	31
2.12	Programación del microcontrolador	32
2.13	Selección de SDK de la aplicación móvil.....	34
2.14	Perfiles de Ling	35
2.14.1	Ling perfil de administrador	35
2.14.2	Ling perfil de huésped	36
2.15	Prototipo de Interfaz de Usuario	37
2.16	Modelamiento de la Base de Datos	43

2.17	Diseño del acople	46
CAPÍTULO 3.....		55
3.	Resultados Y ANÁLISIS.....	55
3.1	Dimensiones del acople.....	55
3.2	Pruebas de funcionalidad de Ling.....	56
3.3	Tiempos de respuesta	60
3.4	Autonomía de la cerradura	61
3.5	Análisis de costos	62
CAPÍTULO 4.....		65
4.	Conclusiones Y Recomendaciones.....	65
4.1	Conclusiones	65
4.2	Recomendaciones	66
BIBLIOGRAFÍA.....		67
APÉNDICES		71

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
BLE	Bluetooth Low Energy
NFC	Comunicación de Campo Cercano
IoT	Internet of Things
ADC	Convertor Analógico Digital
TCP	Protocolo de Control de Transmisión
IP	Protocolo de Internet
UART	Transmisor-Receptor Asíncrono Universal
I2C	Circuito Inter-Integrado
SPI	Interfaz Serial Periférica
DSP	Procesador de Señales Digitales
FPGA	Matriz de puertas lógicas programables en campo
UCP	Unidad Central de Proceso
RAM	Memoria de acceso aleatorio
ROM	Memoria de solo lectura
RFID	Identificador de radiofrecuencia
PWM	Modulación por ancho de pulso
DC	Corriente directa
IDE	Entorno de Desarrollo Integrado
SDK	Kit de desarrollo de Software
UTF-8	8-bit Unicode Transformation Format
JSON	Notación de objeto JavaScript
SAE	Sociedad de Ingenieros Automotrices
ABS	Acrilonitrilo butadieno estireno
ASME	Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos
Ling	Lock Immediately Number of Gates

SIMBOLOGÍA

mm	Milímetro
gr	Gramo
kg	Kilogramo
kgf	Kilogramo fuerza
m	Metro
s	Segundo
h	Hora
N	Newton
cm	Centímetro
mA	Miliamperio
V	Voltio
MHz	Mega Hertz
GHz	Giga Hertz
km	Kilómetro
kbps	Kilobits por segundo
N_f	Factor de seguridad
S_y	Resistencia a la Tracción
s_f	Resistencia a la fatiga corregida
Ma	Magnitud del momento en el punto de análisis
rad	Radián
Tm	Torque medio
K_{fsm}	factor de concentración de esfuerzo para esfuerzo medio
K_f	Factor de concentración de esfuerzo de fatiga
Nm	Newton metro
Ncm	Newton centímetro
RPM	Revoluciones por minuto
W	Watts
mAh	Miliamperio Hora
Wh	Watts Hora

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Pirámide de Maslow [4].....	2
Figura 1.2 Hostal Armonía Lodge [5]	4
Figura 1.3 Capas de la arquitectura modular de IoT a utilizar [11].....	7
Figura 1.4 Tipos de sensores en IoT [13]	8
Figura 1.5 Función de los actuadores[13].....	8
Figura 1.6 Smartphone con sus diferentes sensores y actuadores [13]	12
Figura 1.7 Cerradura inteligente Nuki Smart Lock [23]	14
Figura 1.8 Aplicativo móvil avanzado [27].....	16
Figura 2.1 Sistema de videovigilancia, puertas de reconocimiento facial, y acople inteligente	18
Figura 2.2 Matriz de decisión.....	19
Figura 2.3 Flujograma de la metodología del proceso de diseño del proyecto	20
Figura 2.4 Diseño conceptual	22
Figura 2.5 Módulo Bluetooth HM-10 [28]	23
Figura 2.6 Sensor encoder infrarrojo FC-03 [29].....	23
Figura 2.7 Fuerza equivalente del brazo de palanca	24
Figura 2.8 Micro motorreductor GA12 – N20[30]	25
Figura 2.9 Microcontrolador ATmega328p [31].....	26
Figura 2.10 4 baterías AA en serie	27
Figura 2.11 Regulador de voltaje a 3.3V [32].....	28
Figura 2.12 Esquema de conexiones del módulo Bluetooth	29
Figura 2.13 Esquema de conexión del encoder infrarrojo.....	30
Figura 2.14 Esquema de conexión del motor DC	31
Figura 2.15 Esquema de conexiones del circuito divisor de voltaje	32

Figura 2.16 Pantalla de bienvenida.....	37
Figura 2.17 Pantalla de inicio de sesión	38
Figura 2.18 Pantalla de menú con opción de huéspedes	39
Figura 2.19 Pantalla de menú con opción de Reservas	40
Figura 2.20 Pantalla Principal de Ling	41
Figura 2.21 Pantalla Final de aplicativo móvil del Huésped	42
Figura 2.22 Diagrama de relación y entidad	43
Figura 2.23 Diagrama de árbol de la base de datos	44
Figura 2.24 Clases de Administrador y Huésped.....	45
Figura 2.25 Clases de Reserva, Habitaciones y Cerradura	45
Figura 2.26 Cerradura Cilíndrica [33].....	46
Figura 2.27 Soporte de cerradura	46
Figura 2.28. Eje de la cerradura inteligente	48
Figura 2.29. Plano de corte del diseño de eje propuesto.....	48
Figura 2.30. Diagrama de cuerpo libre equivalente.	48
Figura 2.31 Diagrama de fuerza cortante y momento flector sobre el eje.....	50
Figura 2.32. Curvas de sensibilidad a la muesca para aceros [34].....	53
Figura 3.1 Ensamble de cerradura inteligente	55
Figura 3.2 Envío del código único	57
Figura 3.3 Ingresar el clave único	58
Figura 3.4 Mensaje de clave utilizada.....	59
Figura 3.5 Perfil de huésped simulada iOS	60

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Comparativa entre diferentes microcontroladores [15]	10
Tabla 1.2 Comparativa entre diferentes dispositivos de comunicación inalámbrica [8] ...	10
Tabla 2.1 Estimación de energía promedio consumida por la cerradura por día	27
Tabla 2.2 Fuerzas aplicadas sobre el eje de la cerradura inteligente	49
Tabla 2.3. Momentos en las secciones críticas del eje.....	50
Tabla 2.4 Valores de factores de corrección para el eje de la cerradura electrónica.....	51
Tabla 2.5 Diámetros mínimos para diseño del eje.....	54
Tabla 3.1 Dimensiones de la cerradura.....	55
Tabla 3.2 Tiempos de respuesta de prototipo funcional de alto nivel	61
Tabla 3.3 Datos de la autonomía de la cerradura.....	61
Tabla 3.4 Presupuesto para construcción de una cerradura inteligente	63

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente en el Ecuador, el turismo representa la tercera fuente de ingresos de origen no petroleros más importante en el país, después del banano y el camarón. Esto genera un ingreso anual a la economía del país de más de dos mil millones de dólares, lo que representa un crecimiento de más del 10% por año [1] .

Según un estudio realizado por la Coordinación de Estadísticas e Investigación del Ministerio de Turismo con respecto a los destinos más visitados del país durante el feriado de fin de año del 2017, cuatro de los cinco destinos más visitados fueron provincias pertenecientes a la región costa, esto representa un 59.3% de los turistas totales que ingresaron al país [2].

De este mismo estudio se puede destacar que el sector hotelero tuvo una tasa de ocupación en sus alojamientos de alrededor del 42% en todo el país. De esta manera se consiguió un crecimiento del 2.4% con respecto al año anterior para este sector [2], lo que equivale al 6.4% total de empleados en la economía nacional y ubica a los servicios de alojamiento como una de las cinco industrias económicas con mayor aporte al empleo nacional.

Así, con el crecimiento del sector hotelero, también crecen las necesidades del mismo, y entre una de las más importantes tenemos a la seguridad, tanto de los establecimientos como de sus huéspedes. Por otro lado, la Pirámide de Maslow (figura 1.1) muestra que la seguridad está ubicada en el segundo puesto de las necesidades para el ser humano teniendo por encima de ella las necesidades fisiológicas, las cuales permiten que este subsista en el mundo.[3]

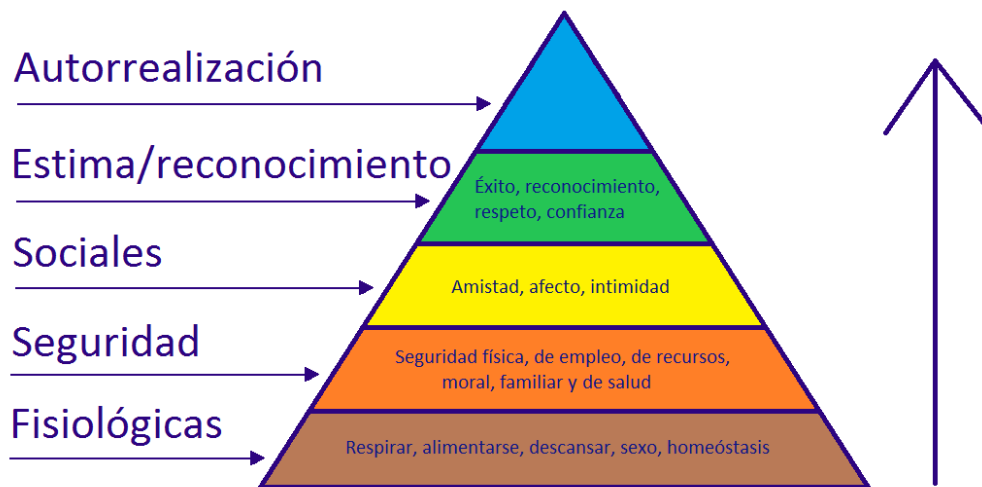


Figura 1.1 Pirámide de Maslow [4]

Debido a esto el ser humano ha implementado sistemas de protección para sus hogares. Esto ha ido evolucionando con el pasar del tiempo logrando avances tecnológicos importantes en el área de la domótica, con la finalidad de aumentar la seguridad y tener un mejor control de sus hogares. Enfocándonos en el ámbito turístico, actualmente se tiene la tendencia de integrar diferentes tipos de sistemas tecnológicos para facilitar el trabajo de los empleados y brindar un mejor servicio a los clientes, mejorando así su experiencia.

Esto debido a que con el paso del tiempo los peligros se van presentando de diferentes maneras por lo que se deben mantener actualizadas los sistemas de seguridad de hoteles o lugares turísticos. De esta manera, entre los factores que más se toman en consideración para mecanismos de seguridad en los hoteles tenemos: el diseño, la innovación, comodidad y sencillez de los sistemas de seguridad.

Entre las tipologías existentes actualmente tenemos: cajas fuertes en las habitaciones de hoteles con un código único configurado por el usuario, sistemas de video vigilancia que monitorean la actividad dentro y fuera de las instalaciones del hotel, y una amplia gama de cerraduras con nuevas

tecnologías que se adaptan a las necesidades de cada hotel, por lo que vuelve complicado identificarlo como una misma tipología.

Lo que se debe destacar es la inclinación por el uso del smartphone como dispositivo para acceder a distintas zonas del hotel, sustituyendo a las llaves y las ya famosas tarjetas electrónicas. Ya que el uso de las tecnologías que estos dispositivos integran, como son el BLE o NFC hacen de estos una pieza clave en los diseños más recientes e innovadores.

1.1 Planteamiento de Problema

El Hostal Armonía Lodge ubicado en la comuna de Montañita, provincia de Santa Elena según se muestra en la figura 1.2, tiene como problemática principal el control y monitoreo de sus huéspedes, requiriendo de personal presente en las instalaciones para realizar proceso de registro. Esto genera un problema para la administración del hostel, debido a que el contratar personal adicional para realizar esta operación representa un gasto extra. Otra preocupación por parte de la administración es la seguridad de las cabañas.

Además, la administración del hotel no puede estar presente en todo momento, debido a las dificultades al trasladarse a las instalaciones del hotel y a las ocupaciones del administrador, por lo que se desea poder monitorear remotamente el ingreso y salida de los huéspedes de las cabañas. Sin necesidad que exista un intermediario, es decir el huésped debe ser capaz de rentar una cabaña y poder abrirla de manera remota.



Figura 1.2 Hostal Armonía Lodge [5]

1.2 Justificación del Problema

La necesidad de agilizar el proceso de registro de huéspedes en el hostal Armonía Lodge y la de prescindir de personal administrativo que se encuentre en las instalaciones para el control de los huéspedes, son cada vez mayores a medida que aumenta el turismo en la comuna de Montañita.

De manera que para automatizar el registro y tener un mejor control se propone el desarrollo de un acople inteligente para las cerraduras de las habitaciones del hostal. El mismo que permitirá la apertura de las puertas de manera remota a través del uso de una aplicación móvil que estará disponible para todos los huéspedes que realicen una reserva.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar una cerradura inteligente utilizando software libre, con el fin de accionarla remotamente, brindar mayor seguridad y agilizar el registro de los huéspedes en el hostel Armonía Lodge.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar el diseño mecánico de una cerradura inteligente que permita accionar su apertura y cierre de manera remota.
- Diseñar un aplicativo móvil con perfiles de huésped y administrador con el fin de verificar la identidad de los huéspedes mediante el envío de un código único.
- Asignar permisos de manera automática y remota a los huéspedes para acceder a una única habitación durante su estadía.
- Implementar el circuito eléctrico del diseño final utilizando softwares de simulación.

1.4 Marco teórico

1.4.1 Internet de las Cosas (IoT)

El Internet de las cosas es un cambio en el paradigma de las tecnologías de la información. En este concepto intervienen dos términos claves que se conocen como “Internet” y “Cosas”. Internet es un sistema de redes informáticas conectadas entre sí que permiten la comunicación entre millones de usuarios en todo el mundo utilizando los protocolos TCP/IP [6].

Por otra parte, se entiende como “cosa” a todo objeto o persona que pueda ser descrito en el mundo real. Esto implica no únicamente a

dispositivos electrónicos, sino también objetos que no tienen relación con la electrónica como: ropa, muebles, monumentos, entre otros [7]. Esto nos da a entender que una cosa puede ser cualquier objeto animado o inanimado que puede ser percibido.

De esta manera, la mejor definición que se le puede dar al término Internet de las cosas es la siguiente: Una red integral y abierta conformada por objetos inteligentes capaces de compartir información y recursos, actuando de manera conjunta ante diferentes situaciones y cambios en su entorno [8].

1.4.2 Arquitecturas de IoT

Uno de los más grandes problemas de los sistemas de IoT es que debido a su vasto campo de aplicación, no existe una arquitectura concreta establecida [9]. De esta manera se han desarrollado diversas arquitecturas y modelos por parte de diferentes investigadores y autores, pero sin converger en un modelo referencial aún [10]. Es por esto por lo que se debe tener una arquitectura por capas flexible.

Para el presente trabajo se utiliza una arquitectura modular de IoT, como se muestra en la figura 1.3, que es configurable para diferentes necesidades. Esta está compuesta de cinco capas principales [11]:

- Sensores y/o actuadores que recojan información para el sistema.
- Un procesador embebido de baja potencia.
- Una puerta de enlace a internet.
- Una aplicación que permita el manejo del servidor en la nube en donde se realiza el análisis de datos.
- Una interfaz con el usuario en donde se realiza el monitoreo y control.

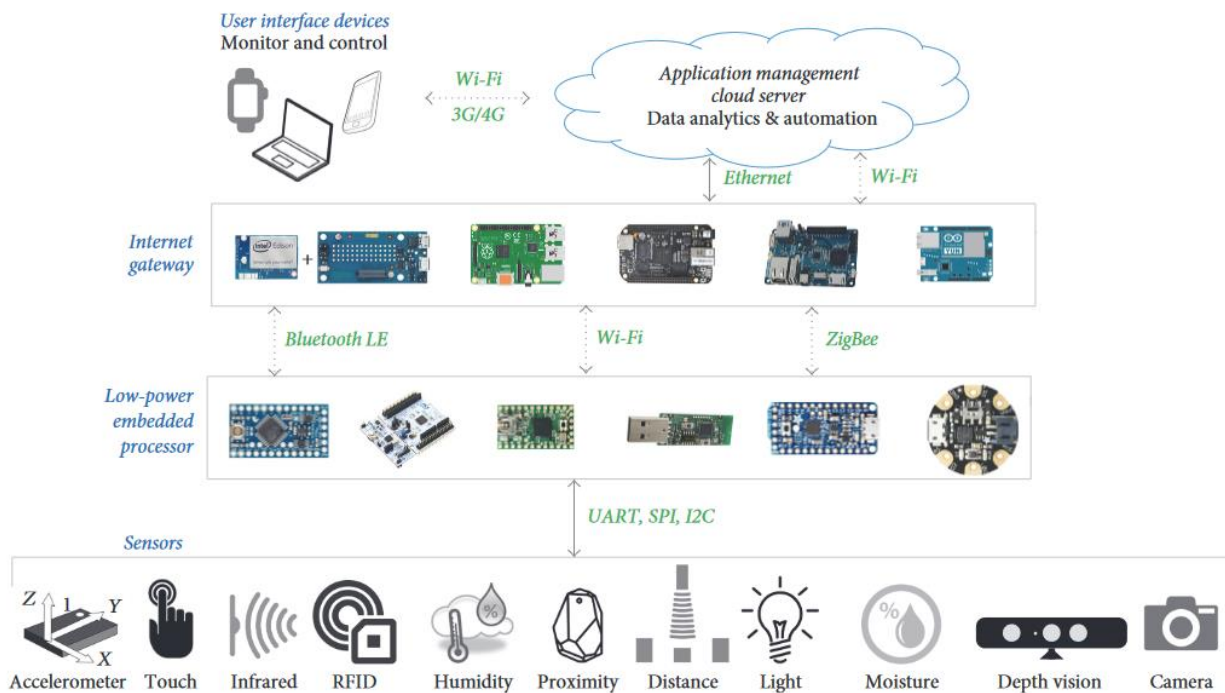


Figura 1.3 Capas de la arquitectura modular de IoT a utilizar [11]

1.4.3 Tecnologías utilizadas en IoT

1.4.3.1 Sensores

Dentro de la primera capa de la arquitectura modular se encuentran los sensores, que son los responsables de traducir las variables físicas en señales eléctricas [12], como se muestra en la figura 1.4. Dichas señales pueden ser de voltaje o corriente y son presentadas en una escala de 0V a 5V o de 4mA a 20mA respectivamente.

La información adquirida por estos sensores debe ser enviada a la unidad de procesamiento central, esto se puede dar a través de puertos digitales o ADC dependiendo del tipo de señal de salida que entregue cada sensor. A su vez, este procesador puede brindar algún tipo de retroalimentación después de haber

leído la información de manera exitosa comunicándose con algún otro dispositivo de la interfaz, comúnmente utilizando protocolos UART, I2C o SPI.

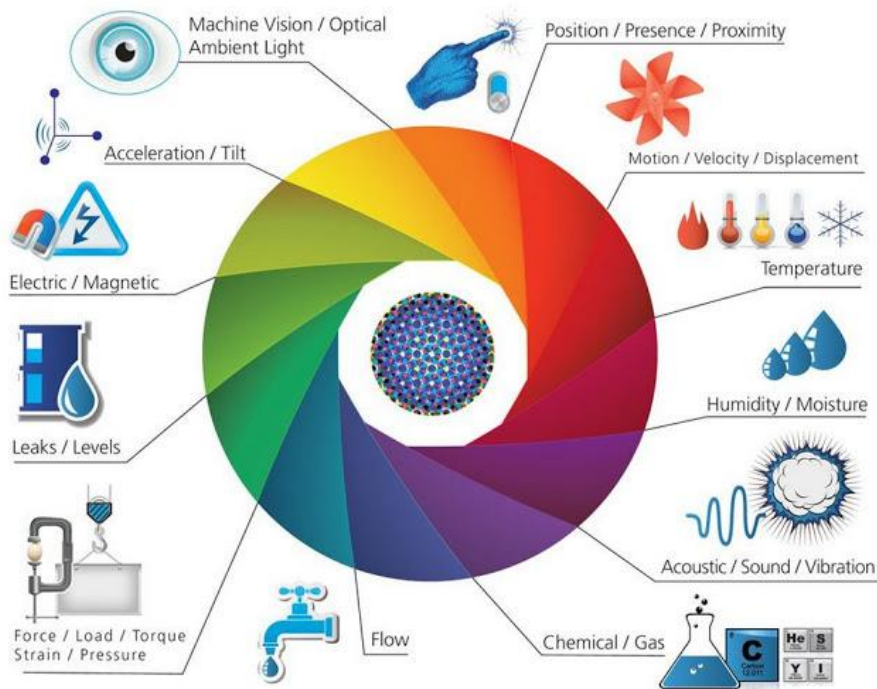


Figura 1.4 Tipos de sensores en IoT [13]

1.4.3.2 Actuadores

Son dispositivos que convierten energía eléctrica en movimiento, como se muestra en la figura 1.5, es decir que realizan las acciones mecánicas del sistema. Los actuadores pueden realizar 3 tipos de movimientos: lineales, rotacionales y oscilatorios; y existen 3 tipos de actuadores: los eléctricos, los hidráulicos y los neumáticos [14].



Figura 1.5 Función de los actuadores[13]

1.4.3.3 Microcontroladores

Para los distintos dispositivos inteligentes que existen en el mercado en la actualidad, es necesario tener un dispositivo que se encargue del control y funcionamiento de dichos dispositivos interconectados entre sí. Este dispositivo principal es conocido como microcontrolador. Tiene como función principal recibir y procesar información, de acuerdo con el requerimiento del usuario [15].

Los microcontroladores son chips de tamaño reducido y están presentes en la mayoría de los dispositivos electrónicos. Debido a las múltiples funciones que pueden cumplir en el desarrollo de dispositivos digitales, tales como mouses, tv, lavadoras, celulares, laptops y otros. Entre los microcontroladores más usados tenemos Arduino, Raspberry pi, DSP y FPGA, como se muestra en la tabla 1.1 [15].

Los componentes de un microcontrolador son los siguientes:

- Procesador o UCP.
- Memoria RAM, ROM y flash.
- Líneas de E/S.
- Drivers para control de periféricos.
- Reloj.

Las características principales que debe poseer un buen microcontrolador son las siguientes:

- Costo económico y fácil de conseguir.
- Tener una elevada velocidad de trabajo por su alta frecuencia.
- Herramientas de desarrollo libres y fáciles

- Variedad de hardware que permitan grabar, depurar, borrar y comparar el estado del microcontrolador.

Tabla 1.1 Comparativa entre diferentes microcontroladores [15]

Characteristic	Arduino Pro Mini	NUCLEO-F401RE	ATmega32U4	ATtiny10	CC2640	MSP430-F2410	Adafruit Pro Trinket	Adafruit FLORA
CPU	ATmega328	STM32-Cortex M4	AVR	ATtiny10	ARM Cortex M3	MSP430	ATmega328	ATtiny85
Built-in transceiver	✗	✗	✗	✗	BLE or ZigBee	✗	✗	✗
ADC: size (bits), samples/s	10, –	16, 2400	10, 15 k	8, 15	12, 200 k	12, –	10, –	10, –
Clock speed (MHz)	20	84	16	12	48	16	12	8
Bus width (bits)	8	32	8	8	16	16	8	
Memory (kB)	32	512	32	1	128	56	28	8
I/O connectivity	UART, I2C, SPI	UART, I2C, SPI	UART, I2C, SPI	ISP	UART, SPI, I2C, GPIO	UART, IrDA, I2C, GPIO, SPI	UART, I2C, SPI	UART
Real-time clock	✗	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗
Coin cell battery operation	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓

1.4.3.4 Transmisores inalámbricos

Los dispositivos de transmisión inalámbrica ofrecen conectividad entre diferentes dispositivos con el fin de enviar y recibir información entre ellos. Sin embargo, estos dispositivos demandan un alto consumo energético que depende de las características de la comunicación [8]. En la tabla 1.2 se comparan los equipos más utilizados con sus respectivas características.

Tabla 1.2 Comparativa entre diferentes dispositivos de comunicación inalámbrica [8]

Characteristic	BLE	ZigBee	Wi-Fi	IrDA	NFC	ANT+	nRF24
Peak current (mA)	12–16	30–40	116	10	50	17	18
Max throughput (kbps)	305	100–250	6000	10 ⁶	424	20	1000
Range (m)	50	100–300	50–150	0.10	0.20	10	10
Latency (ms)	2.5	20	1.5	25	1000	0	1000
Power efficiency (μ W/bit)	0.153	185.9	0.00525	11.7	–	0.71	2.48
Coin cell battery operation	✓	✓	✗	✗	✗	✓	✓
Battery time (approximate days)	191	✗	✗	✗	✗	52	170

1.4.3.5 Puertas de enlace a internet

Las puertas de enlace actúan como el nodo de comunicación entre los datos censados y el servidor en la nube. Este se encarga de enviar la información analizada por el microcontrolador al servidor web, y a su vez pedir información del servidor para que el microcontrolador pueda realizar la retroalimentación necesaria con los actuadores.

1.4.4 Ambientes inteligentes con IoT

Según Steventon y Wright, los ambientes inteligentes son lugares en donde la tecnología es utilizada de tal manera que se construye un ambiente interactivo que integra al mundo físico y virtual. Esto se consigue con el uso de sistemas embebidos, diferentes tecnologías de información y comunicación [16].

Así, es importante recalcar la importancia de la IoT en este tipo de aplicaciones, ya que gracias a los sensores que estos disponen se puede recolectar información, enviarla a algún repositorio digital, y posteriormente ser utilizada en diferentes aplicaciones [17]. Estas tecnologías son utilizadas en gran variedad de ambientes como la salud, el sector energético, la industria y la seguridad.

1.4.5 Dispositivos Inteligentes utilizados en IoT

Los dispositivos o grupos de dispositivos inteligentes pueden ser gobernados o controlados por microcontroladores y aplicaciones web o móviles. Las cuales permiten al usuario controlar y automatizar un proceso de acuerdo sus necesidades. Varios de estos dispositivos inteligentes son cosas cotidianas de nuestro mundo como tv,

refrigeradora, lavadoras, teléfonos entre otros electrodomésticos [18]. La arquitectura lógica de los dispositivos inteligentes se divide en cuatro:

- 1.- Conectarse entre ellos o directamente a la nube.
- 2.- Recibir y enviar eventos o mensajes desde o hacia la nube.
- 3.- Proporcionar capa de inteligencia, abstracción, así como los servicios web que brindan soporte a la capa de presentación.
- 4.- Mostrar la capa de presentación en aplicaciones móviles o web.

La seguridad que ofrecen los dispositivos inteligentes es más completa y eficiente, debido a la retroalimentación que brindan esta clase de dispositivos, como se muestra en la figura 1.6. También posee una facilidad de conexión entre mundo físico y el mundo virtual mediante internet [18]. Es por este tipo de conexión que se han implementado diferentes tipos de tecnologías a estos dispositivos, tales como RFID, lectura de código de barras, Bluetooth, NFC, Inteligencia artificial entre otras.

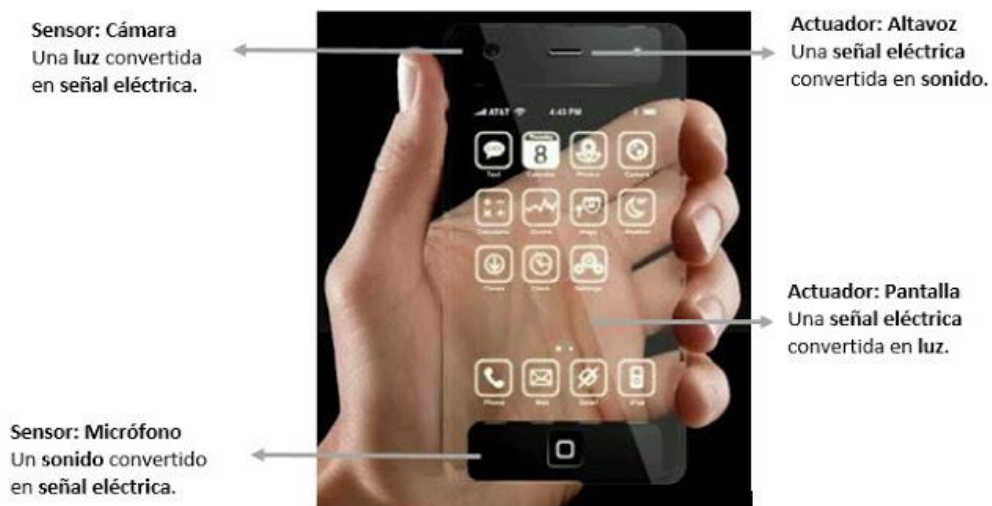


Figura 1.6 Smartphone con sus diferentes sensores y actuadores [13]

1.4.6 Cerraduras inteligentes

La tecnología forma parte de la vida diaria en nuestra sociedad, debido a que en la actualidad la mayoría de las personas han utilizado algún dispositivo inteligente. Ciertos tipos de dispositivos han sido desarrollados enfocados en la seguridad humana tales como sistemas de alarmas, cerraduras inteligentes y cámaras de vigilancia; con la finalidad de brindar una mayor seguridad y protección a los usuarios [19].

En el presente trabajo se va a hacer referencia diferentes proyectos o prototipos, enfocados en la elaboración de cerraduras inteligentes. Con la finalidad de saber más de este ámbito, conociendo sus avances tecnológicos hasta la actualidad y cuanta aceptación tienen los usuarios con dichos dispositivos.

Existen varias innovaciones o proyectos enfocados en este ámbito de la seguridad. Los cuales implementan nuevos sistemas, un ejemplo de esto es la integración de un sensor de huella dactilar en una cerradura mecánica. Además, su activación se pueda realizar a través de un aplicativo móvil, la cual brinda una interacción amigable al usuario. Evitando el uso de llaves y facilitando la apertura de las puertas de su hogar [20].

También se puede encontrar otra variante de este tipo de cerraduras inteligentes. Este proyecto consiste en que la apertura de puertas se realiza mediante flujo de cifrado y descifrado. Además, para realizar esta acción vamos a contar con comunicación bluetooth y un teléfono inteligente. Según Ismail y Tukiran, esto es una falencia grave de este prototipo ya que lo vuelve inseguro [21].

Otro proyecto que fue realizado mediante dispositivos inteligente es la apertura de las puertas de una casa mediante un código único para personas con discapacidades. Se pudo evidenciar que esto tuvo un enfoque totalmente, ya que no se enfoca solo en seguridad sino también comodidad del usuario. Realizando la apertura de dichas puertas mediante un aplicativo móvil el cual realiza esta acción por medio de un código único [22].

En el mercado actual existen varios tipos de cerraduras inteligentes. Por ejemplo, Nuki Smart Lock, Tesa Assa Abloy, kenrod y Remock Lockey, entre otras; conformadas por un sistema electromecánico, el cual las vuelve más precisas y con mayor efectividad al momento de abrirse. La Nuki Smart Lock, véase figura 1.7, es usada en el continente europeo, ya que cuenta con características de fácil instalación para diversos tipos de cerraduras, rápido acceso y monitoreo del estado de la puerta en tiempo real. Todo esto mediante un aplicativo móvil, el cual permite interactuar con nuestra cerradura. Todas estas ventajas hacen que las cerraduras inteligentes sean algo innovador y nuevo en mercado de dispositivos inteligentes



Figura 1.7 Cerradura inteligente Nuki Smart Lock [23]

En el Ecuador se puede ver que el uso de este tipo de dispositivos inteligentes no se encuentra normalizado en el sector empresarial como en el inmobiliarios. Según los estudios analizados, las personas poseen una cerradura mecánica. Debido a esto, podemos decir que la implementación de estos prototipos puede ser de gran utilidad en el país. Brindando una mayor seguridad, control y facilidad al momento de ejecutar la acción de abrir una puerta [24].

1.4.7 Aplicaciones móviles avanzadas

Las aplicaciones móviles avanzadas son la puerta de enlace entre el usuario y los dispositivos inteligentes como se muestra en la figura 1.8 , ya que nos ayudan a comprenderlos y comunicarnos con ellos [25]. El uso de estas aplicaciones móviles avanzadas va a depender de la aceptación que tengan por los usuarios, además de la efectividad, eficiencia y satisfacción que estas tengan al momento de enviar una orden para realizar una tarea importante.

También se puede decir que la finalidad de un aplicativo móvil es ejecutarse en dispositivos móviles. Para el desarrollo de dichas aplicaciones se tiene que tomar en cuenta todas restricciones que va a tener nuestro hardware, debido a que este va a usar la aplicación móvil [26].



Figura 1.8 Aplicativo móvil avanzado [27]

Para el desarrollo de aplicaciones móviles avanzadas se debe tomar en cuenta las siguientes etapas o fases [27]:

1. Definición de alcance del aplicativo móvil
2. Planificación
3. Definir los requerimientos de cliente
4. Diseño del aplicativo móvil
5. Programación o desarrollo del software
6. Pruebas
7. Lanzamiento de aplicativo móvil
8. Mantenimiento del aplicativo móvil

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

Para cumplir con los objetivos propuestos en el presente proyecto, se utilizó una metodología que consistió en seleccionar la mejor alternativa para automatizar el registro y monitoreo de huéspedes, se definieron las diferentes etapas a llevar a cabo para realizar el diseño y se realizó un prototipo funcional con el que se validó el cumplimiento de estos objetivos.

2.1 Propuesta de la cerradura inteligente

Para seleccionar el sistema, se tomaron en consideración las necesidades del cliente y las maneras más comunes en las que se suele abordar este tipo de problemas en la actualidad. Teniendo de esta manera, tres alternativas que podrían solucionar la problemática del hostel, como son: un sistema de videovigilancia, puertas con reconocimiento facial, y un acople inteligente para cerraduras, como se muestra en la figura 2.1.



Figura 2.1 Sistema de videovigilancia, puertas de reconocimiento facial, y acople inteligente

- **Sistema de video vigilancia:** Es la manera más común en llevar un monitoreo de quien ingresa en las instalaciones de cualquier establecimiento
- **Puertas con reconocimiento facial:** La tecnología de reconocimiento facial es comúnmente utilizada para llevar un registro de asistencia de personal, pero también puede ser utilizada para monitoreo o seguridad.
- **Acople inteligente para cerraduras:** Dispositivos en auge en Europa, utiliza tecnologías de internet de las cosas para automatizar apertura de puertas y llevar un control de estas.

Los criterios que se tomaron en cuenta para escoger la mejor alternativa son los siguientes:

- **Desempeño:** El sistema debe realizar el monitoreo del ingreso de huéspedes a las cabañas y automatizar el proceso de registro
- **Seguridad:** Que tan fiable es la identificación de la persona que ingresa en las instalaciones.
- **Simplicidad en instalación:** Complejidad que representa la instalación del sistema en el hostal.
- **Costo Inicial:** Costo de fabricación del sistema de monitoreo.
- **Estética:** Aspecto agradable y sutil para los huéspedes.

De las tres alternativas de solución para la problemática del hotel, se obtuvo que el acople inteligente para cerraduras es la mejor opción para automatizar el registro y monitoreo de los huéspedes. Esto se debe a que, a pesar de no suponer una gran inversión económica, estos sistemas tienen un desempeño óptimo y brindan un nivel de seguridad aceptable, además de ser sistemas

simples de instalar. En la Figura 2.2 se presenta la matriz de decisión en donde se evaluaron todas las alternativas.




	CRITERIO 1	CRITERIO 2	CRITERIO 3	CRITERIO 4	CRITERIO 5	
Descripción	Costo inicial	Desempeño	Nivel de Seguridad	Estética	Simplicidad de instalación	
Peso	2	4	3	2	3	Total 14
	14%	29%	21%	14%	21%	100%
OPTIONS	Calificación	Calificación	Calificación	Calificación	Calificación	
Acople inteligente para cerraduras con IoT 	7	8	6	9	8	7.6
Sistema de video vigilancia 	4	6	8	8	4	6.0
Sistema de reconocimiento Facial 	4	7	8	7	3	5.9

Figura 2.2 Matriz de decisión

2.2 Proceso de diseño

Se elaboró un flujograma que describe el proceso de diseño del proyecto, como se puede observar en la Figura 2.3. Esta muestra los pasos seguidos durante el desarrollo y se pueden dividir en 4 etapas.

- Primera etapa: se identifican los requerimientos de diseño y se propone un diseño conceptual.
- Segunda etapa: consiste en la selección de todos los dispositivos electrónicos necesarios y el diseño preliminar del circuito eléctrico.

- Tercera etapa: se trata de la programación del microcontrolador, aplicación móvil y base de datos.
- Cuarta etapa: diseño mecánico del acople y de la caja que contiene el circuito eléctrico, así como la selección del motor a utilizar y la fuente de alimentación.

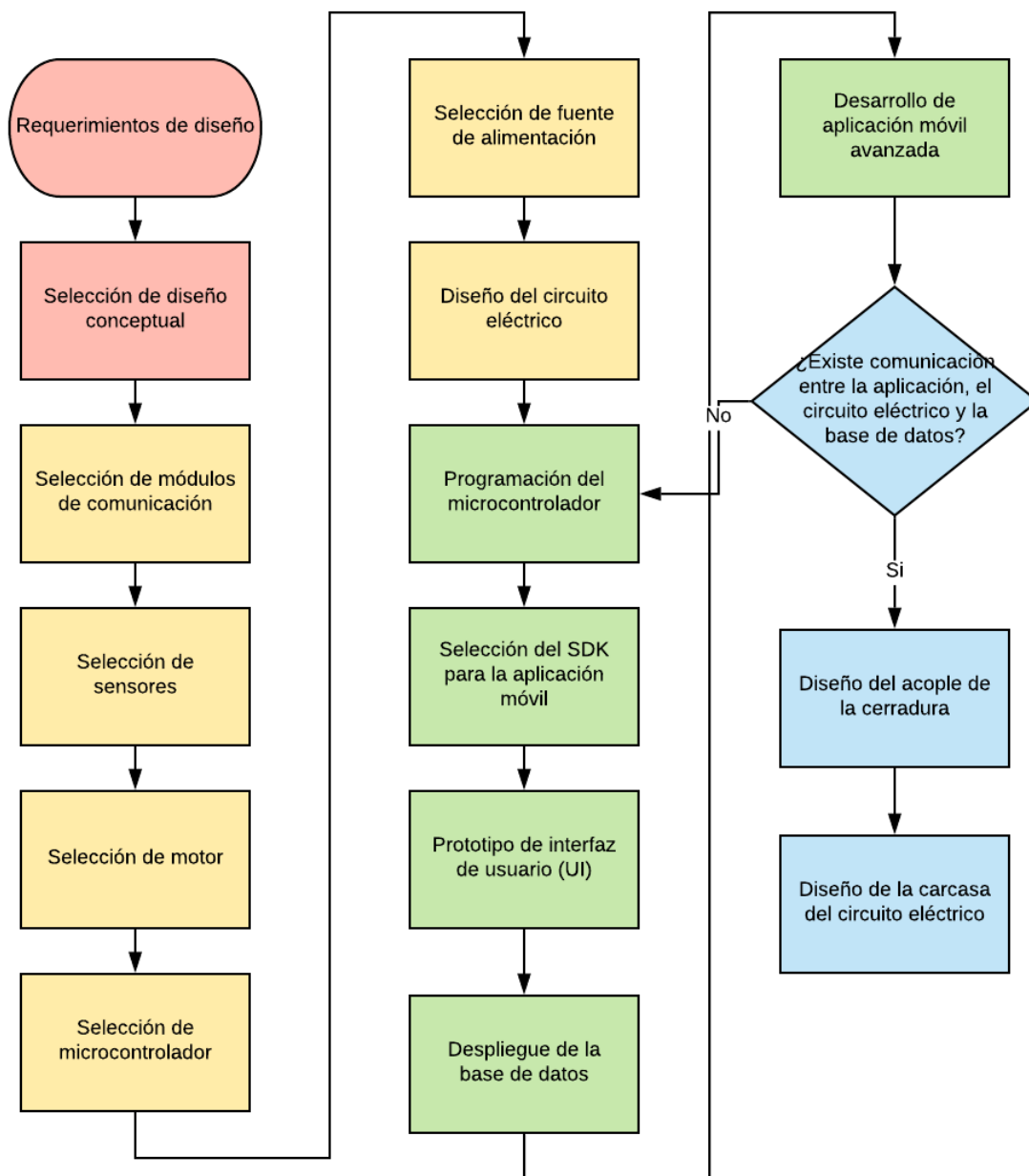


Figura 2.3 Flujo de la metodología del proceso de diseño del proyecto

2.3 Requerimientos de diseño

Para garantizar que la cerradura inteligente cumple con las necesidades del personal administrativo del hotel, esta debe contar con las siguientes características.

- El sistema debe entregar credenciales de acceso a los huéspedes
- Las credenciales de acceso deben ser revocadas cuando termina el periodo de estadía del huésped.
- La cerradura debe accionarse de manera inalámbrica y manual
- Comunicación con dispositivos móviles a través de BLE
- Abrir la cerradura en menos de 10 segundos.
- Autonomía de la cerradura de al menos 1 mes de uso continuo.
- Diseño interactivo y agradable a la vista del usuario.
- Dar retroalimentación a la administración de cuando es necesario un cambio de baterías.

2.4 Diseño conceptual

El diseño parte de una cerradura con un acople que se ubica en la parte interior a la habitación. Este acople va a permitir que la cerradura sea accionada por los huéspedes del hotel a través de un aplicativo móvil por medio de comunicación Bluetooth, y a su vez conservar su mecanismo de accionamiento manual. Además, el aplicativo móvil va a verificar si el huésped que está accionando la cerradura es el mismo que realizó la reserva a través de la verificación de un código único e intransferible, el mismo que le será enviado al huésped al momento de que algún administrador registra su reserva en una base de datos desplegada en la nube, ver Figura 2.4.



Figura 2.4 Diseño conceptual

2.5 Selección de módulos de comunicación

2.5.1 Módulo de Bluetooth

El módulo de Bluetooth seleccionado para realizar la comunicación entre la cerradura y el dispositivo móvil es el HM-10 como se ve en la Figura 2.5. Este módulo implementa la tecnología de Bluetooth v4.0, también conocido como Bluetooth de baja energía por sus siglas en inglés (BLE), la cual está dirigida a aplicaciones de baja potencia.

Este permite ser configurado como esclavo y recibir información de dispositivos móviles que implementen la tecnología Bluetooth v4.0. Las especificaciones técnicas de este módulo se pueden apreciar en la tabla A.1.

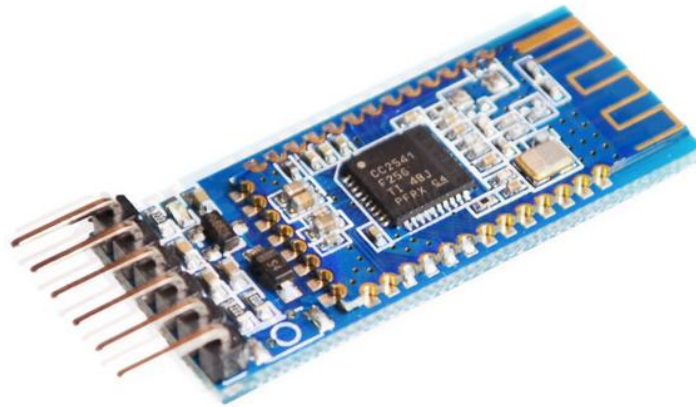


Figura 2.5 Módulo Bluetooth HM-10 [28]

2.6 Selección de sensores

Como el accionamiento de la cerradura requiere un movimiento angular preciso, se necesita retroalimentación del desplazamiento angular del eje del motor, por esto se decidió utilizar un sensor encoder infrarrojo FC-03. Este implementa un opto interruptor infrarrojo MOCH22A el cual emite pulsos que se ven interrumpidos por un disco ranurado que bloquea el paso de la luz (ver Apéndice F), estos pulsos a su vez son digitalizados por un opamp LM393 y enviados a un microcontrolador para que se interpreten con el uso de interrupciones. Las características de este sensor se presentan en la tabla A.2.

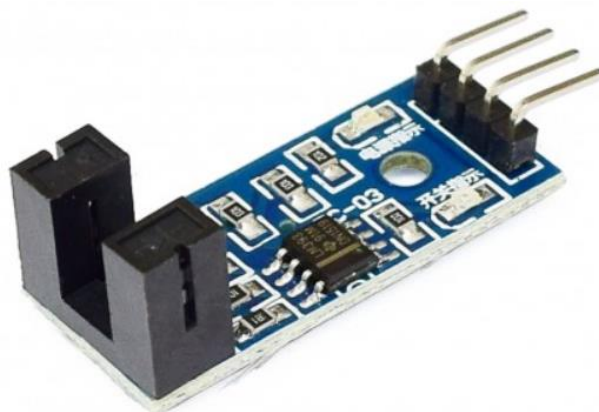


Figura 2.6 Sensor encoder infrarrojo FC-03 [29]

2.7 Selección de motor

Para seleccionar el motor primero se determinó el torque necesario para abrir y cerrar la cerradura realizando el siguiente experimento.

Primero se acopló una vara de madera de 60 cm de longitud al mecanismo de accionamiento de la cerradura, de tal manera que este se encuentre perpendicular al eje de rotación del mecanismo. De esta manera, al encontrar el peso mínimo necesario que se debe ubicar en un extremo de la vara para que la cerradura se accione, estaríamos encontrando el torque mínimo necesario por el motor, ya que este depende del brazo de palanca que corresponde a la longitud de la vara y al peso, como se muestra en la ecuación 2.1.

$$T = F \times r \quad (2.1)$$

En donde:

T: torque necesario para abrir la cerradura

F: fuerza aplicada

r: brazo de palanca

Así, al realizar las pruebas se evidenció que bastaba con el peso de la vara de madera para accionar el mecanismo de la cerradura. Sin embargo, esta no es una carga puntual, sino una fuerza distribuida uniformemente a lo largo de toda su geometría, por lo que se tuvo que encontrar una fuerza equivalente en su centro geométrico, como se muestra en la Figura 2.7.

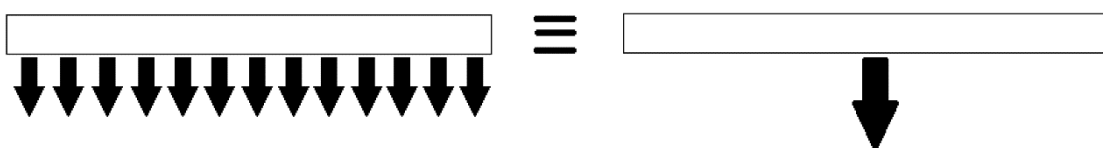


Figura 2.7 Fuerza equivalente del brazo de palanca

Se encontró esta fuerza a partir de la densidad de la madera de la vara que es de aproximadamente 600 kg/m^3 y de su geometría a partir de la ecuación 2.2.

$$F = \rho * V * g \quad (2.2)$$

En donde ρ es la densidad de la madera, V el volumen de la vara de madera y g la correspondiente aceleración de la gravedad. Teniendo así una fuerza de 1.59 N y, por consiguiente, aplicando la ecuación 2.1, un torque de 0.48 N*m o su equivalente de 4.9 kg*cm.

A partir de este torque mínimo obtenido se seleccionó un motorreductor que sea capaz de brindar este torque y que no tenga una velocidad de salida muy elevada para que sea más sencillo controlar la precisión de los giros. También se tomó en consideración que el eje de salida del motor no debe estar bloqueado para poder realizar el accionamiento manual sin tener que implementar mecanismos adicionales en el diseño.

Es por esto por lo que se seleccionó un micro motorreductor GA12 – N20, ver figura 2.8, cuyas características se encuentran presentes en la tabla A.3



Figura 2.8 Micro motorreductor GA12 – N20[30]

2.8 Microcontrolador

Se requiere un microcontrolador que disponga de un puerto de comunicación UART para comunicarse con el módulo Bluetooth, pueda manejar interrupciones para leer la señal enviada por el encoder, y que permita salidas digitales para controlar el motor a utilizar y hacer funcionar a los leds indicadores en la cerradura. Es por esto por lo que se seleccionó al ATmega328p como el microcontrolador que controle la cerradura como se muestra en la figura 2.9.

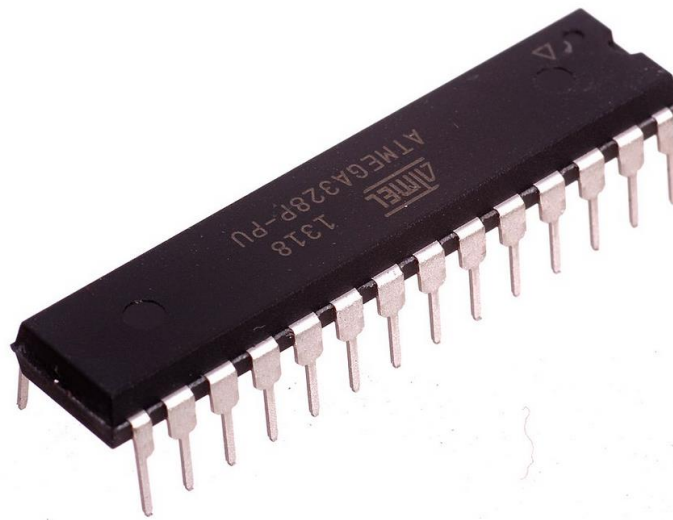


Figura 2.9 Microcontrolador ATmega328p [31]

2.9 Selección de fuente de alimentación

Para seleccionar la fuente de alimentación, se consideró el consumo energético de todos los componentes presentes en el circuito eléctrico, así como el tiempo promedio que se estima estén activos en un día, estas estimaciones se muestran en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Estimación de energía promedio consumida por la cerradura por día

Componente	Tensión [V]	Corriente [mA]	Tiempo de operación [s]	Intervalo de activación	Potencia Total [Wh]
ATmega328p	5	1.5	86400	1	$7.5 \cdot 10^{-3}$
Bluetooth HM-10	3.3	8.5		$3.47 \cdot 10^{-3}$	$9.73 \cdot 10^{-5}$
Motorreductor DC	5	150		$1.15 \cdot 10^{-3}$	$8.625 \cdot 10^{-4}$
Sensor encoder	5	10		$1.15 \cdot 10^{-3}$	$5.75 \cdot 10^{-5}$
Integrado L293d	5	$2 \cdot 10^{-4}$		$1.15 \cdot 10^{-3}$	$1.15 \cdot 10^{-9}$
Potencia total en una hora					$8.517 \cdot 10^{-3}$
Potencia total consumida en un día (Wh/día)					0.20

Se tomó en consideración un accionamiento de cinco veces por día en promedio, por lo que solo en esos intervalos de tiempo se consume corriente en el dispositivo Bluetooth, el motor y el encoder. De esta manera se seleccionaron 4 baterías alcalinas AA conectadas en serie como fuente de alimentación, como se ve en la figura 2.10. Las características de estas baterías se presentan en la tabla A.4.



Figura 2.10 4 baterías AA en serie

2.10 Selección de reguladores de voltaje

Como el voltaje entregado por la batería es superior al voltaje nominal que necesita el módulo bluetooth para trabajar (3.3V), se seleccionó un regulador de voltaje para convertir la salida de 5V a la tensión deseada. El regulador seleccionado fue el 78L33 que recibe una tensión de entrada de mínimo 5.5V hasta 18V y proporciona una salida regulada de 3.3V, permitiendo el paso de máximo 100 mA de corriente, véase la figura 2.11.

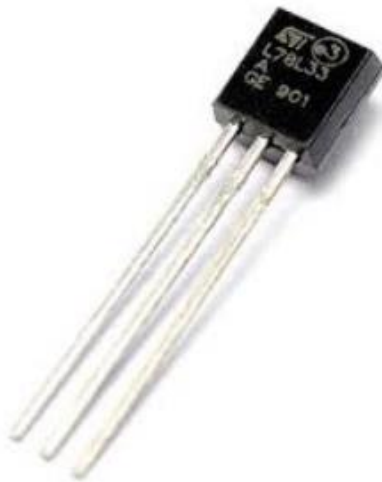


Figura 2.11 Regulador de voltaje a 3.3V [32]

2.11 Diseño de esquema eléctrico

2.11.1 Conexiones del módulo Bluetooth

La figura 2.12 muestra las conexiones del módulo Bluetooth con el microcontrolador. El pin PB2 se conecta con el transmisor y el pin PB3 se conecta con el receptor del módulo.

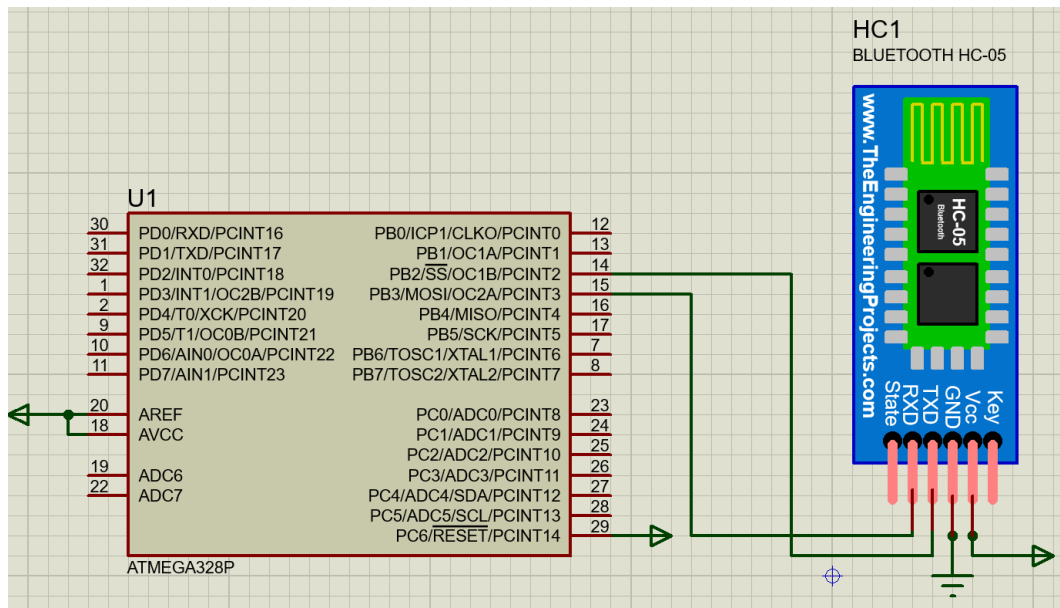


Figura 2.12 Esquema de conexiones del módulo Bluetooth

2.11.2 Conexión del encoder incremental

La salida digital del encoder incremental se conectó al pin PD2 como se muestra en la Figura 2.13. Este pin corresponde al pin de interrupción cero del microcontrolador ATmega328P.

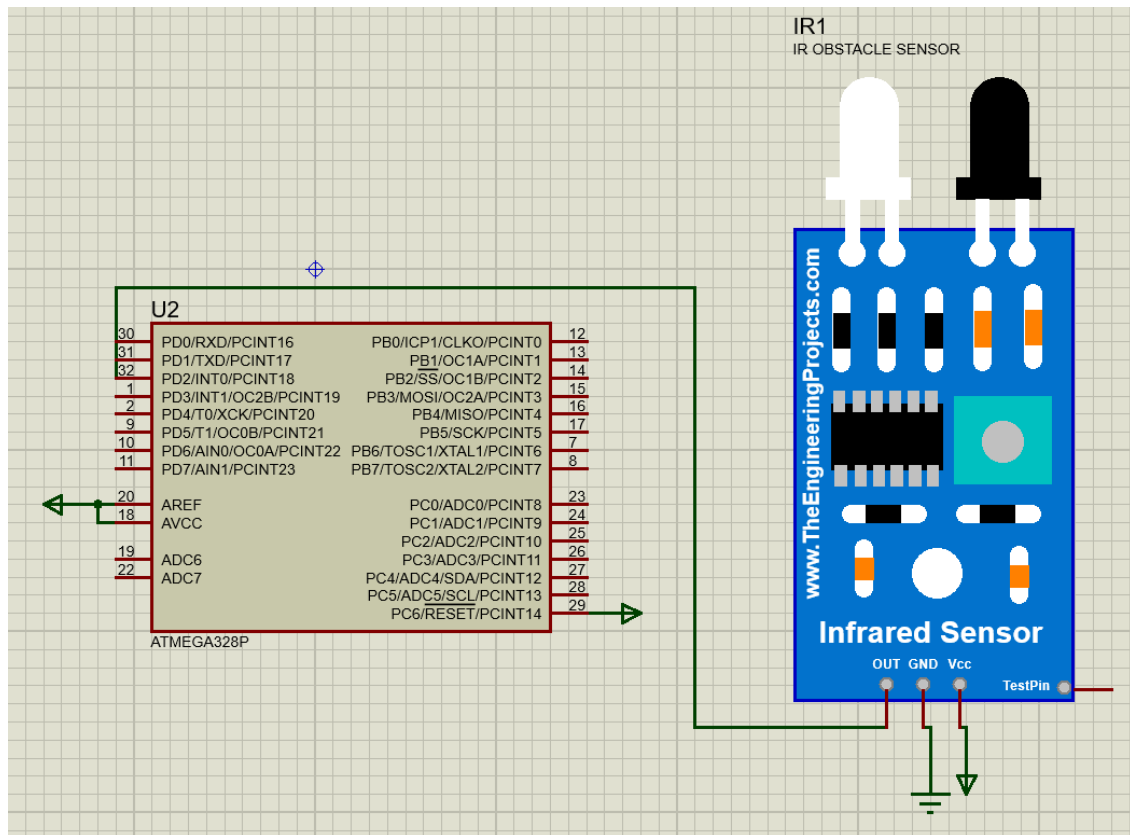


Figura 2.13 Esquema de conexión del encoder infrarrojo

2.11.3 Conexión del motor DC

Para controlar la inversión de sentido de giro se utiliza un integrado L293d, también conocido como puente H, el cual conmuta el sentido de giro del motor dependiendo de la señal de entrada proveniente de los pines PD5 y PD6 del microcontrolador que permiten señales de tipo PWM. En la Figura 2.14 se puede ver el esquema de las conexiones descritas anteriormente.

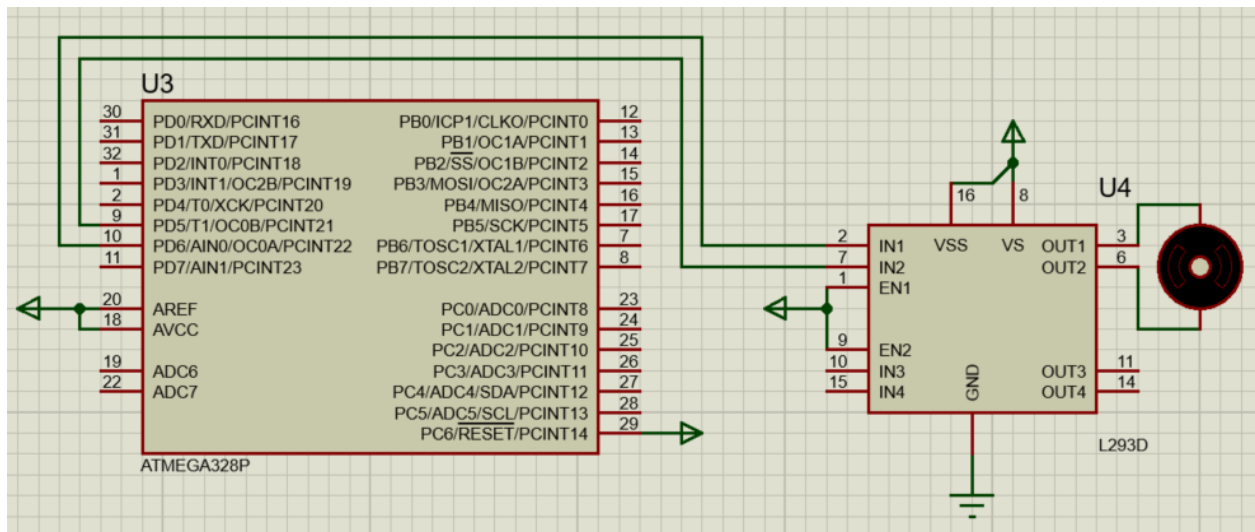


Figura 2.14 Esquema de conexión del motor DC

2.11.4 Conexión del medidor de voltaje de batería

Como las baterías alcalinas tienen un tiempo de vida limitado, es necesario cambiarlas antes de que su voltaje sea demasiado bajo y produzca un mal funcionamiento del dispositivo. Es por esto por lo que se implementó un circuito divisor de voltaje con el que se va a indicar a la administración del hotel cuando el voltaje descienda a un 25% de la carga mínima con la ayuda de un LED indicador, véase la Figura 2.15.

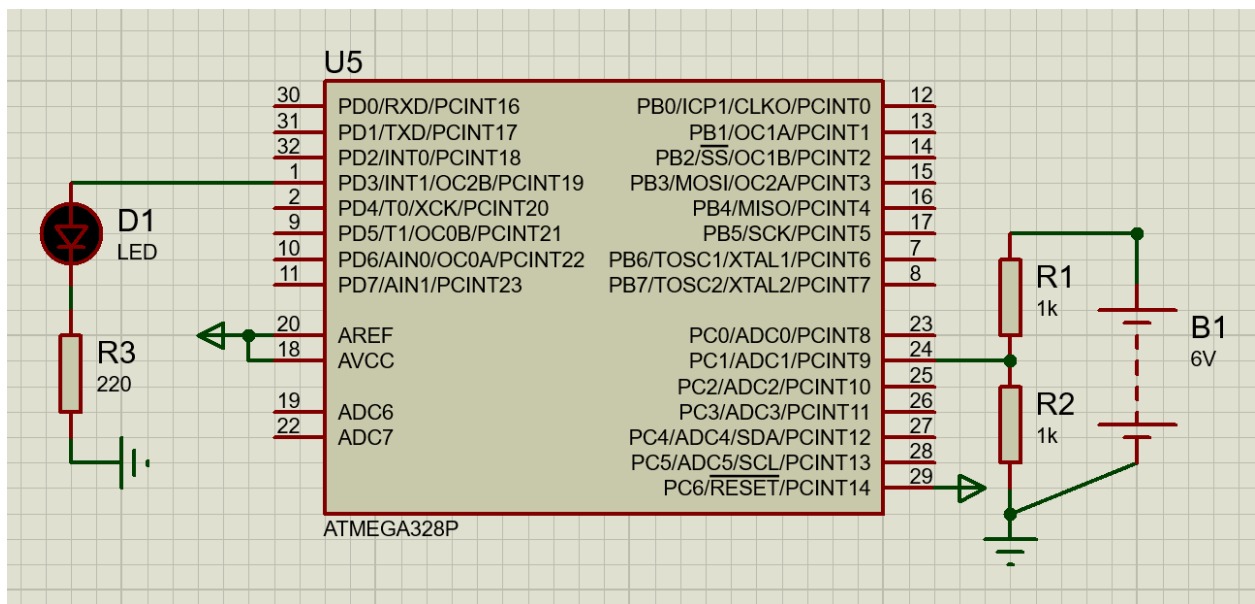


Figura 2.15 Esquema de conexiones del circuito divisor de voltaje

Como el convertidor ADC del microcontrolador no admite voltajes superiores a los 5V, el divisor de voltaje tiene dos resistencias de 10k ohm denominadas R1 y R2, de esta manera nos aseguramos de que el máximo voltaje que pueda llegar al convertidor en plena carga sea de 3.2V, esto se consigue aplicando la ecuación 2.3 con un voltaje de batería igual al voltaje máximo a plena carga, lo que equivale a 6.4V.

$$V_{ADC} = V_{bateria} * \frac{R2}{R1+R2} \quad (2.3)$$

2.12 Programación del microcontrolador

Para la programación del microcontrolador se utilizó el IDE de Arduino, con la ayuda de este y con la placa de desarrollo de Arduino se cargó el programa en el microcontrolador. Como librerías adicionales en la programación se utilizó la librería SoftwareSerial.h, la cual es utilizada para establecer comunicación Serial entre dispositivos bluetooth o BLE.

Este dispositivo Bluetooth se encarga de estar verificando constantemente si hay algún mensaje en el buffer de entrada, el microcontrolador está configurado de tal forma que solo puede interpretar 2 mensajes que lleguen por parte del dispositivo móvil. Estos mensajes llegan codificados en formato UTF-8 y al ser interpretados abren o cierran la cerradura en el bucle principal del programa.

Se implementaron 2 funciones adicionales además de la del lazo principal, una que se ejecuta cada vez que se detecta una interrupción en el pin de la interrupción cero llamada `rutina_encoder()`, y otra que se ejecuta permanentemente que es la encargada de leer el estado de la batería llamada `medidor_voltaje()`.

Para hacer uso de la función `rutina_encoder()` primero se definió el tipo de interrupción que se deseaba detectar por medio de la función `attachInterrupt()`. En este caso detectamos interrupciones de tipo `FALLING`, que son las que ocurren cuando se pasa de una señal de tipo alto a una de tipo bajo.

Cada vez que se detecte una interrupción de este tipo en el sensor encoder se va a ejecutar la función `rutina_encoder()`, la cual va a aumentar un contador previamente definido. Cada una de estas interrupciones corresponde a uno de los orificios de la rueda hueca diseñada para el eje de salida del motorreductor (véase Apéndice A). Esto se realizó con el fin de saber el desplazamiento angular del eje del motor, ya que para accionar la cerradura solo es necesario desplazar el eje 90 grados. De esta manera el código se encarga de detener el motor cuando se hayan alcanzado el número de interrupciones predefinidas.

Por otro lado, la función `medidor_voltaje()` se encarga de transformar el voltaje leído en el convertidor ADC A1 en su correspondiente para 4 baterías AA de 1.5V en serie a plena carga (6.4 V) a partir de la ecuación 2.4. De esta manera si se detecta un voltaje menor al 25% de la capacidad máxima, se va a encender el LED indicador conectado al pin PD3 del microcontrolador.

$$V_{medido} = lectura_{ADC} * \frac{5}{1023} * 2 \quad (2.4)$$

Para conocer el valor que debe tomar la variable voltaje_mínimo, que corresponde el 25% del voltaje de la batería antes de que se descargue completamente, se realizó una interpolación lineal utilizando la ecuación 2.5.

$$y = y1 + \frac{(y2-y1)}{(x2-x1)}(x - x1) \quad (2.5)$$

En donde los valores porcentuales de 0, 25, y 100 corresponden a las variables de x_1 , x , y x_2 respectivamente. Mientras que los valores de y_2 y y_1 corresponden a los valores de los voltajes a plena carga y voltaje mínimo de descarga presentados en la tabla 2.5. De esta manera se obtuvo que el 25% de carga corresponde a un voltaje de 4.6 V.

El código completo de la programación del microcontrolador se lo puede encontrar en el apéndice D.

2.13 Selección de SDK de la aplicación móvil

La aplicación móvil se la denominó con el nombre de Ling la cual va a estar orientada a un público general ya que se trata de los huéspedes de un hotel, se necesitó de un entorno de desarrollo que permita programar aplicaciones móviles multiplataforma, es decir que se puedan utilizar en los sistemas operativos móviles como iOS y Android.

Por esto seleccionó a Flutter como SDK para el desarrollo de la aplicación, ya que además de ser de código fuente abierto, tiene como base el lenguaje Dart, desarrollado por Google en el 2011, y permite compilar el código desarrollado en lenguaje nativo para el sistema operativo que se desee, por lo que no se tuvo

que utilizar ningún entorno especial para ejecutar las aplicaciones desarrolladas.

2.14 Perfiles de Ling

Para realizar los perfiles de la aplicación se utilizó el software Android Studio debido a que este facilita la instalación del SDK Flutter y el lenguaje de programación Dart mediante plugin. El aplicativo móvil esta dividido en 2 perfiles que son administrador y huésped, ambos perfiles son diseñado para realizar distintas funciones, al momento de realizar una reserva en hostel Armonía Lodge. Este va a estar dirigido para los sistemas operativos más importantes del mercado de dispositivos móviles esto son Android y iOS.

2.14.1 Ling perfil de administrador

La aplicación de administrador va dirigida para personal autorizado del hostel Armonía Lodge, por lo tanto, no será publicada en las tiendas de Google y Apple. Esta solo va a hacer de uso interno del hostel, debido a que cumple funciones específicas para el mismo que ayuda agilizar el proceso de registro en el hostel.

Para ello esta cuenta con un inicio de sesión el cual verifica si la persona que está ingresando a ella es parte de hostel. Esto se logra con por usuarios registrados en la base de datos, es decir para que algún empleado o administrador quiera hacer uso de esta, debemos crearle un usuario en la base de datos.

Otras funciones importantes que cumple esta aplicación aparte de la autenticación de personal del hostel, es permitir el registro de los nuevos huéspedes o la actualización datos de estos, también está enfocada a la creación de las reservas. Para ello se pide información necesaria para validar si se puede hacer la misma.

Esta información es inicio de reserva, fin de reserva, hora de llegada, hora de salida, numero de habitación y usuario. Este último nos indica si huésped ya se encuentra registrado en hostel, caso contrario no se puede realizar la reserva y se lo debe registrar primero, una vez que se logra hacer la reserva se envía mediante un correo electrónico con la clave de acceso para la habitación reservada, el cual se va a ingresar en aplicación de huésped.

2.14.2 Ling perfil de huésped

El perfil de huéspedes de Ling es usada por los clientes que hayan realizado una reserva en hostel Armonía Lodge, esta se va a descargar de manera gratuita para los dispositivos móviles de los huéspedes tanto para Android como para Apple, mediante la aplicación se va a lograr una interacción agradable para los mismos.

La interacción que esta permite al huésped es lograr accionar la cerradura de manera remota, es decir sin necesidad de ingresar alguna llave física. Esto se logra ingresando la clave de acceso que fue enviada al huésped al momento de realizar la reserva. Dicha clave va a permitir abrir y cerrar la cerradura de su habitación.

Todo este proceso se logra mediante Ling, transformando el celular del huésped en la llave de su habitación, logrando una retroalimentación al personal del hostel, dicha clave de acceso es revocada cuando la reserva del huésped llega a su fin, negando el acceso a la habitación, permitiendo terminar la estadía al huésped de manera remota.

2.15 Prototipo de Interfaz de Usuario

La interfaz de Ling se diseñó para los 2 perfiles antes nombrados, ambos cuentan con una pantalla de carga que está formada por el logotipo del hotel y un saludo para los usuarios como se muestra en la figura 2.16. En el perfil de administrador se diseñó como primera pantalla el inicio Sesión como se puede visualizar en la figura 2.17 con la cual se validó que solo las personas encargadas del hotel puedan usarla.



Figura 2.16 Pantalla de bienvenida



Figura 2.17 Pantalla de inicio de sesión

Luego de esto se diseñó la pantalla del Menú principal, la cual se subdividió en dos opciones colocadas en un widget llamado BottomNavigatorBar, huésped y reservaciones. Además, la pantalla de menú cuenta con un botón de cerrar sesión, que se encuentra en la parte superior derecha.

Primero se diseñó la ventana de huésped, la cual se encarga de gestionar los registros o actualizaciones de la información de los huéspedes. Para ello

se colocó un textformfield los cuales piden la información más importante y relevante como son: nombre, cedula, correo electrónico y teléfono. También cuenta con dos botones que activan las funciones de esta ventana, los cuales fueron registrar y actualizar, como se muestra en la figura 2.18.

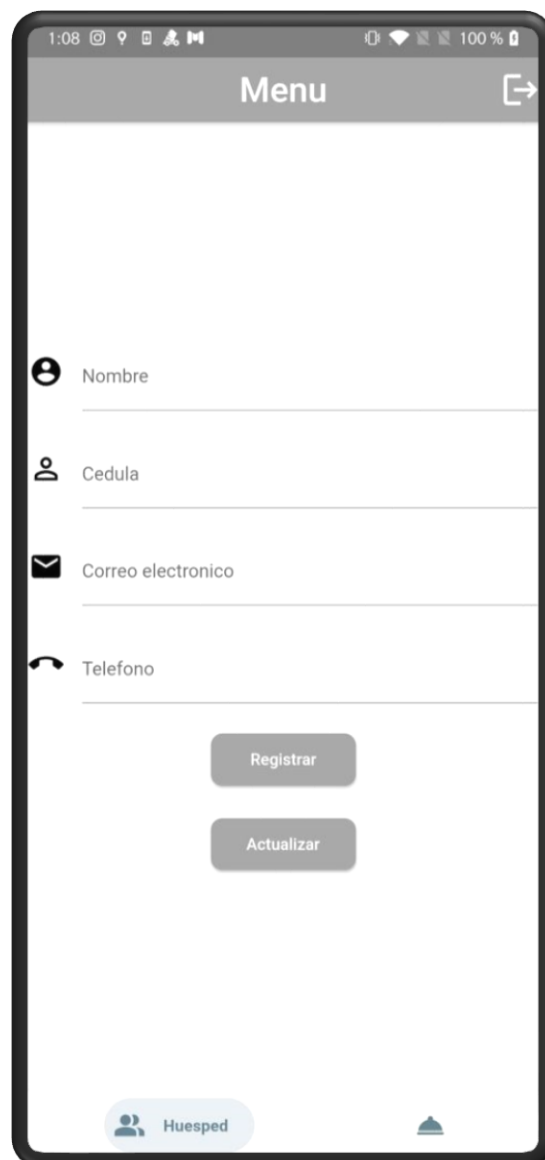


Figura 2.18 Pantalla de menú con opción de huéspedes

La última pestaña del perfil de administrador fue de reservaciones, permite registrar las reservaciones de los huéspedes. Esta ventana cuenta con los

campos de inicio de reserva, fin de reserva, hora de llegada, hora de salida, numero de habitación y usuario. Al final de esta ventana se encuentra un botón el cual permite realizar una reserva en la base de datos que desplegamos con el fin de poseer un registro más ordenado y fácil de entender para luego permitir enviar el código único al huésped mediante un correo electrónico como se ve en la figura 2.19.

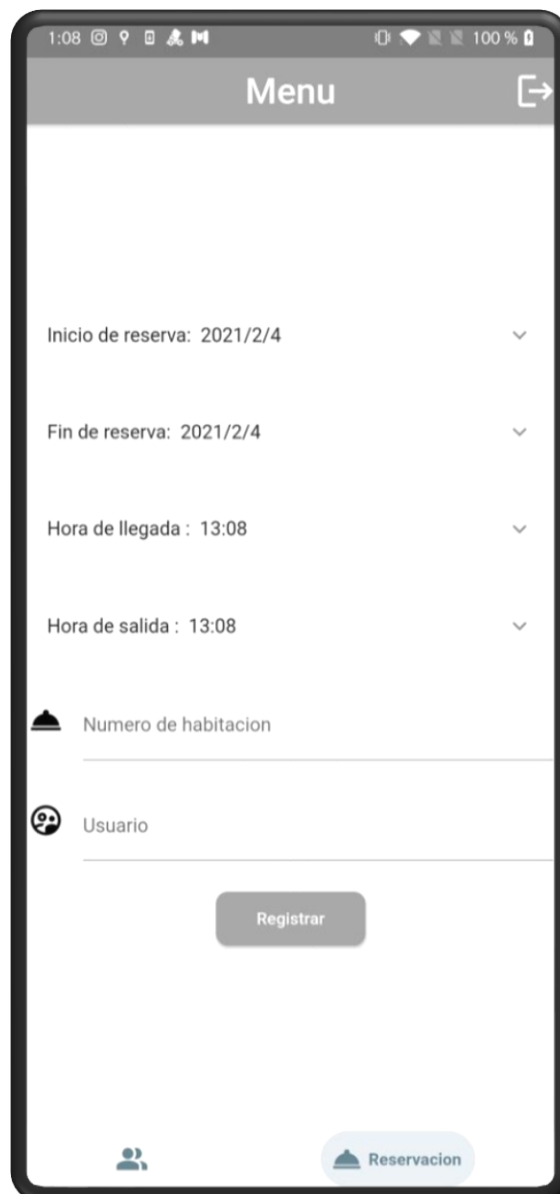


Figura 2.19 Pantalla de menú con opción de Reservaciones

En Ling del perfil de huésped se diseñó primero la página principal, la cual está compuesta por Label que posee el nombre del hotel. Además, un Textfieldform en cual se ingresa la clave de acceso y esta permite tener acceso a la cerradura. Para ello también se colocó el botón de entrar como se ve en la figura 2.20.



Figura 2.20 Pantalla Principal de Ling

La última pantalla de Ling del perfil de huésped es donde se muestra el estado de la cerradura mediante una animación. Seguido de 2 botones

ubicados al final de la pantalla los cuales son los siguientes; cerrar, bloquea la cerradura; abrir, desbloquee la cerradura; también se cuenta con el botón terminar estadía, el cual se ubica en la parte superior derecha y permite finalizar la estadía del huésped y salir de la aplicación, véase la Figura 2.21.

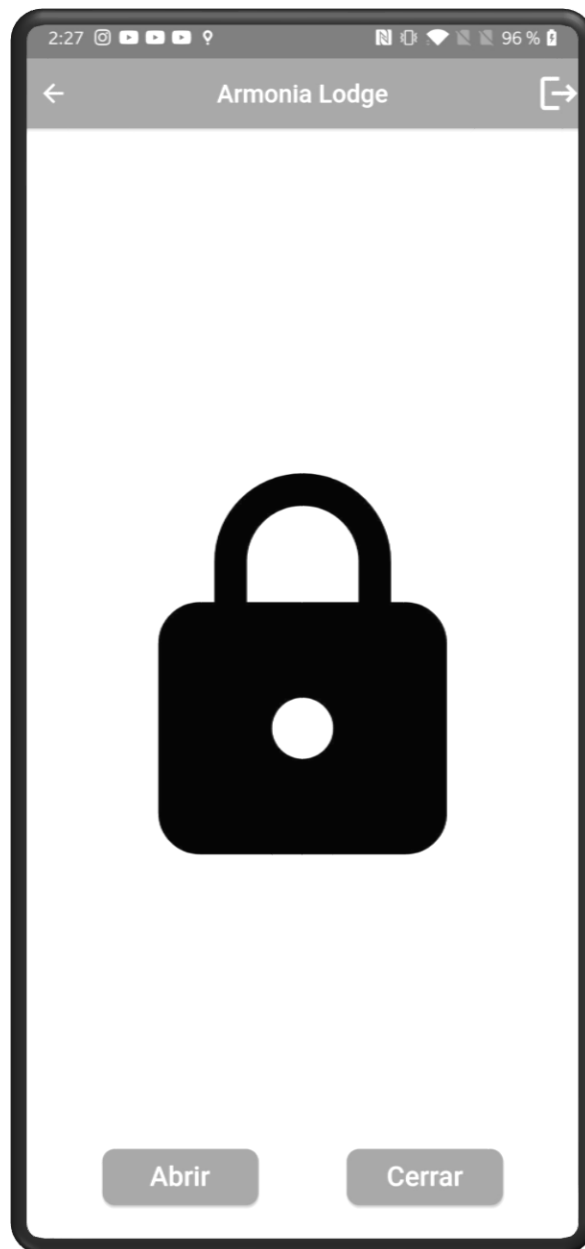


Figura 2.21 Pantalla Final de aplicativo móvil del Huésped

2.16 Modelamiento de la Base de Datos

Para el diseño de la base de datos primero se realizó el diagrama de entidad y relación, en cual se tomó en cuenta las diferentes clases del proyecto como: el hotel, huésped, administrador, reserva, habitación y cerradura. Cada una de estas clases posee sus propios atributos, los cuales van a permitir que se relacionen diferentes clases entre sí como se ve en la figura 2.22.

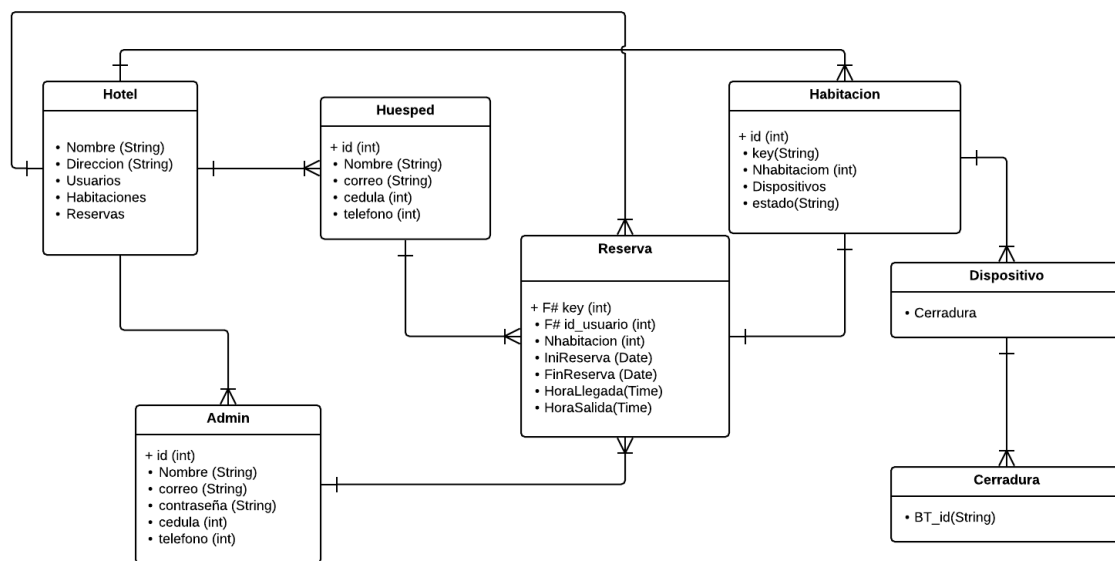


Figura 2.22 Diagrama de relación y entidad

Luego se seleccionó la plataforma donde se desplegó la base de datos, la cual fue Firebase Realtime Database de Google. Esta es una base de datos que se encuentra alojada en la nube, la cual guarda datos en formato tipo JSON y también posee una sincronización en tiempo real con aplicativos móviles de Android, iOS y JavaScript. Es decir, no hace falta una conexión para que la base de datos siga funcionando con las aplicaciones. Para continuar con el despliegue de esta realizamos el diagrama de árbol el cual va a estar conformado por los campos y atributos de misma como se ve en la Figura 2.23.

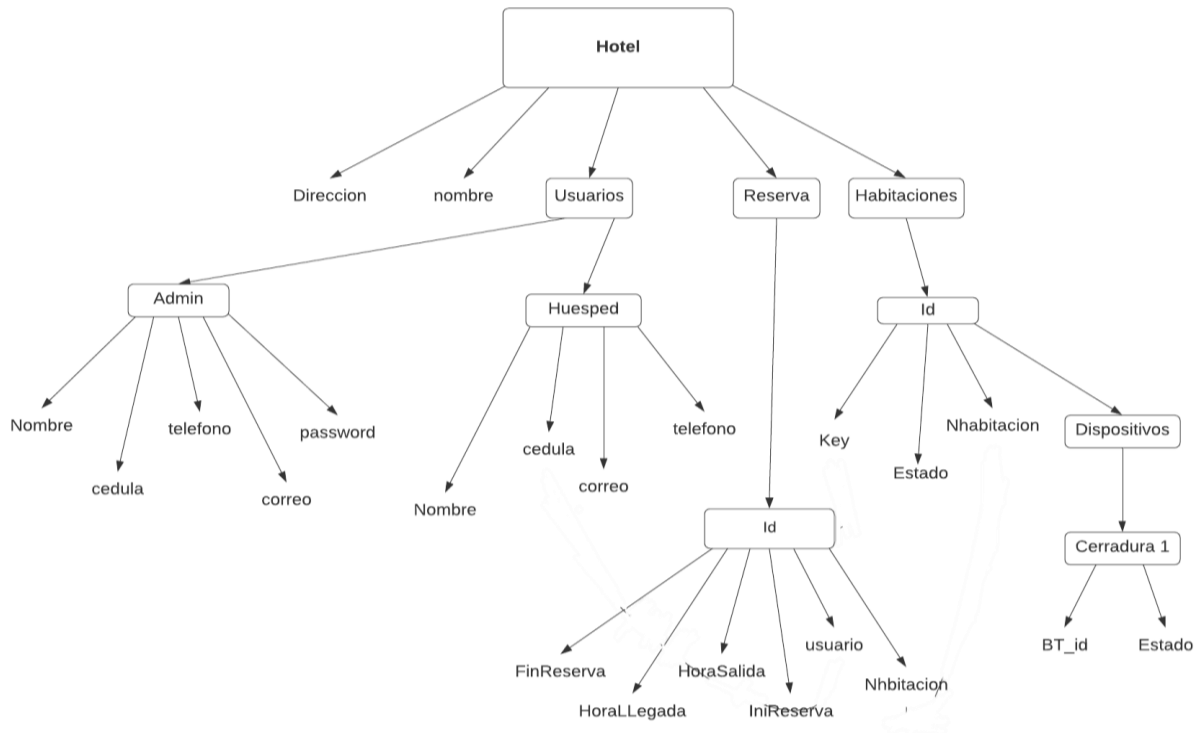


Figura 2.23 Diagrama de árbol de la base de datos

Las diferentes clases que tiene la base datos poseen atributos principales, los cuales ayudan al momento de leer, escribir o consultar datos. En la clase huésped y administrador los atributos principales fueron nombre, cedula, correo y teléfono. Además, en clase huésped se tomó como identificador principal el número cedula, ya que este atributo es único y no va a cambiar nunca, como se ve en la figura 2.24.

Admin					
id	Cedula	Nombre	correo	password	telefono
Admin1	0954148756	Jorge	jchyhy9@gmail.com	1234	09922547330
Admin2	0910549351	jeremy	jercleon98@gmail.com	3333	0992254730
huesped					
id	Cedula	Nombre	correo	telefono	
0910549351	0910549351	Jorge Hidalgo	jchyhy9@gmail.com	0985097951	
0954148755	0954148755	jeremy leon	jercleon98@gmail.com	0992254730	

Figura 2.24 Clases de Administrador y Huésped

En las clases reserva, habitaciones y cerradura también se seleccionaron atributos especiales que van a representarlas, a las reservas se le asignó una clave especial la cual es generada cuando un huésped solicita una, esta será el identificador principal de esta clase debido a que es un valor único e irrepetible. En la clase habitación tenemos varias subdivisiones de clases, estas se usan para saber las características de las habitaciones como, por ejemplo: cada habitación tiene dispositivos, una cerradura es uno de estos dispositivos, y esa a su vez esta posee un código bluetooth el cual permite el ingreso a los huéspedes ya que es un atributo con valores únicos, como podemos ver en la figura 2.25.

Reserva						
id	FinReserva	IniReserva	HoraLlegada	HoraSalida	Nhabitacion	usuario
05WJFGUY	2020/12/18	2020/12/17	13:28	12:28	2	0954148755
5XLNEBLE	2021/1/15	2021/1/12	1:00	11:00	1	0910549351
Habitaciones						
id	dispositivos	Nhabitacion	estado	Key		
Habitacion1	Cerradura1	1	ocupado	5XLNEBLE		
Cerradura						
id	BT_id			estado		
Cerradura1	00:18:91:D7:11:40			CERRADO		

Figura 2.25 Clases de Reserva, Habitaciones y Cerradura

2.17 Diseño del acople

El acople fue diseñado para cerraduras cilíndricas, véase figura 2.26, en donde la parte del pestillo de la cerradura es sustituido por un soporte de pared que utiliza los tornillos de la cerradura interna como método de sujeción con la pared, véase figura 2.27.



Figura 2.26 Cerradura Cilíndrica [33]

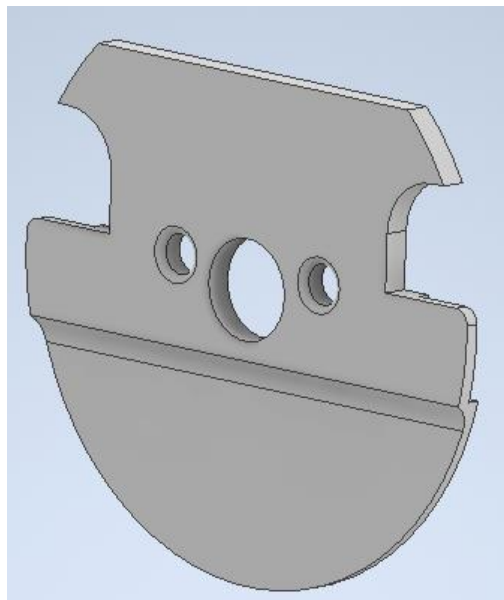


Figura 2.27 Soporte de cerradura

Este soporte es el encargado de realizar el acople entre la cerradura mecánica y la parte trasera de la cerradura eléctrica. Además, a través de este soporte es donde se realiza la unión del eje de la cerradura mecánica con el eje de la cerradura eléctrica.

Para el diseño de la cerradura eléctrica se utilizaron 2 materiales diferentes. El primero fue el acero SAE 1045 rolando en frío para el diseño del eje del acople y para el soporte de pared. Adicionalmente, se utilizó el acrilonitrilo butadieno estireno, también conocido como ABS, para la parte delantera y trasera de la cerradura, así como para el case del circuito eléctrico. Las propiedades mecánicas de estos materiales se pueden apreciar en el apéndice C.

Por otro lado, concéntrico con el eje se tiene un cilindro exterior unido al eje principal por 3 columnas, esto permite el movimiento del eje de forma manual con el movimiento del cilindro (véase Figura 2.28).

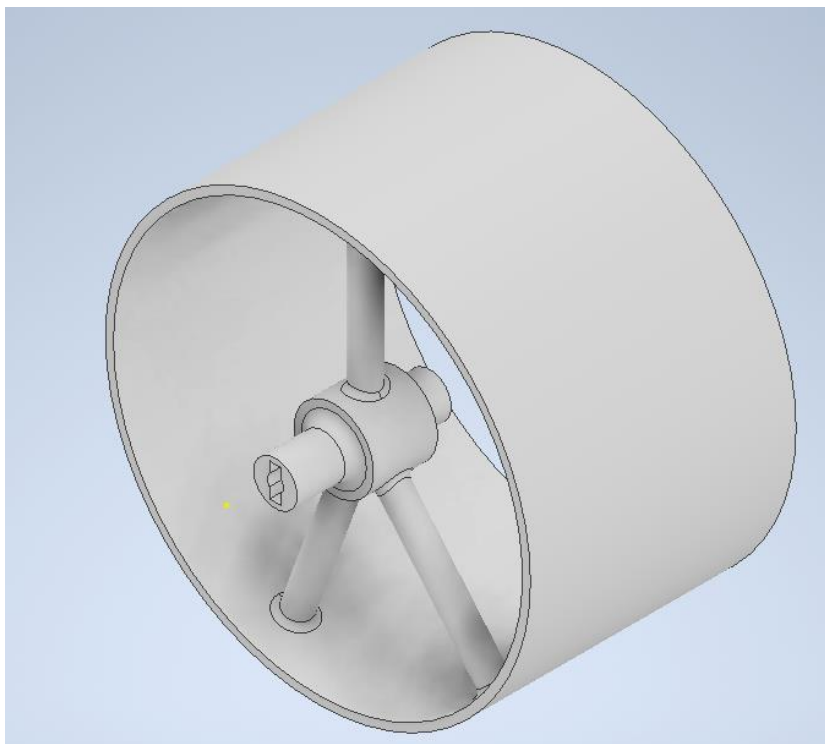


Figura 2.28. Eje de la cerradura inteligente

Se realizó el análisis mecánico para determinar el diámetro mínimo que debe tener el eje en sus diferentes secciones para que este no falle estática ni dinámicamente. Para esto se tuvo que tomar en consideración la longitud total del diseño propuesto, como se puede ver en el plano de corte del eje en la figura 2.29; así como el diagrama de fuerzas equivalente mostrado en la figura 2.30.

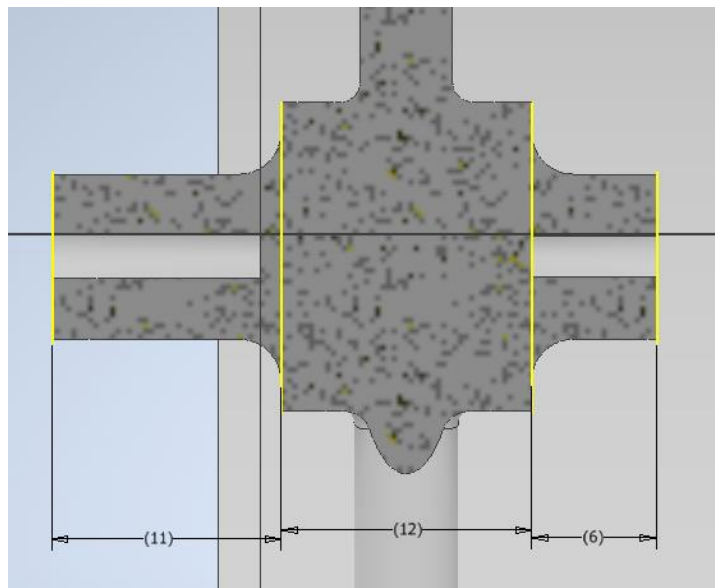


Figura 2.29. Plano de corte del diseño de eje propuesto

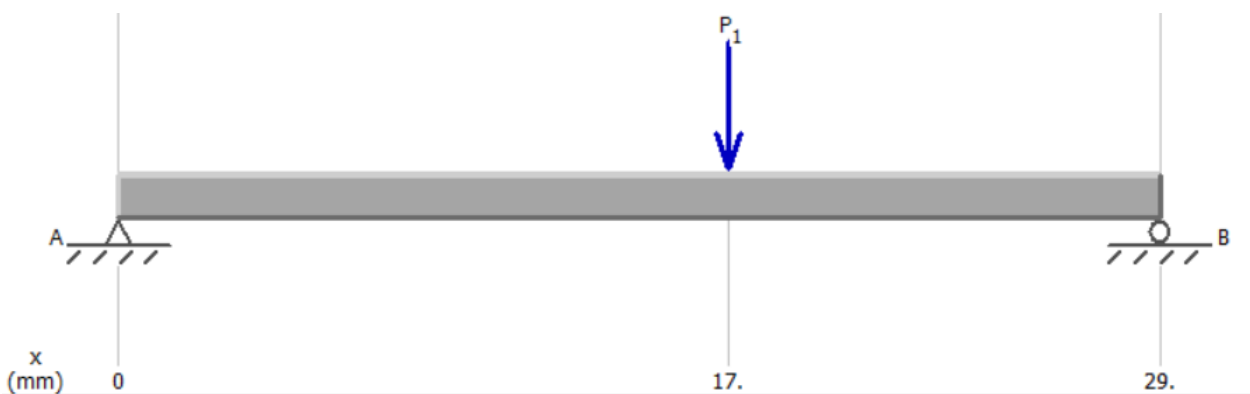


Figura 2.30. Diagrama de cuerpo libre equivalente.

En el diagrama de cuerpo libre equivalente mostrado en la figura 2.30 se puede observar que se tienen 3 fuerzas coplanares aplicadas sobre el eje. En donde las fuerzas R1 y R2 representan a las reacciones en las bancadas y la fuerza F representa el peso total del cilindro exterior con las 3 columnas que utiliza como soporte.

Esta fuerza F se encontró utilizando la ecuación 2.2 descrita anteriormente. El valor de la densidad del material se la obtuvo de la tabla C.1 y el volumen de la pieza se la obtuvo con ayuda del software Inventor, el cual tiene un valor de 61.285 cm³. De esta manera utilizando las ecuaciones de equilibrio estático 2.6 y 2.7 se obtuvieron los valores de las reacciones R1, R2 y F como se puede apreciar en la tabla 2.2.

$$\sum Fy = 0 \quad (2.6)$$

$$\sum M = 0 \quad (2.7)$$

Tabla 2.2 Fuerzas aplicadas sobre el eje de la cerradura inteligente

Fuerza	Magnitud (N)
F	4.726
R1	1.955
R2	2.770

Una vez obtenidos los valores de las reacciones y fuerzas aplicadas sobre el eje, se realizaron los respectivos diagramas de fuerza cortante y momento flector como se puede apreciar en la Figura 2.31. A partir de este diagrama se obtuvieron los momentos que se aplican para cada sección que se puede considerar crítica en el eje, los cuales son los 2 escalones de cambio de sección en el eje y el punto en donde se aplica la fuerza directamente. Los valores de los momentos obtenidos se pueden apreciar en la tabla 2.3.

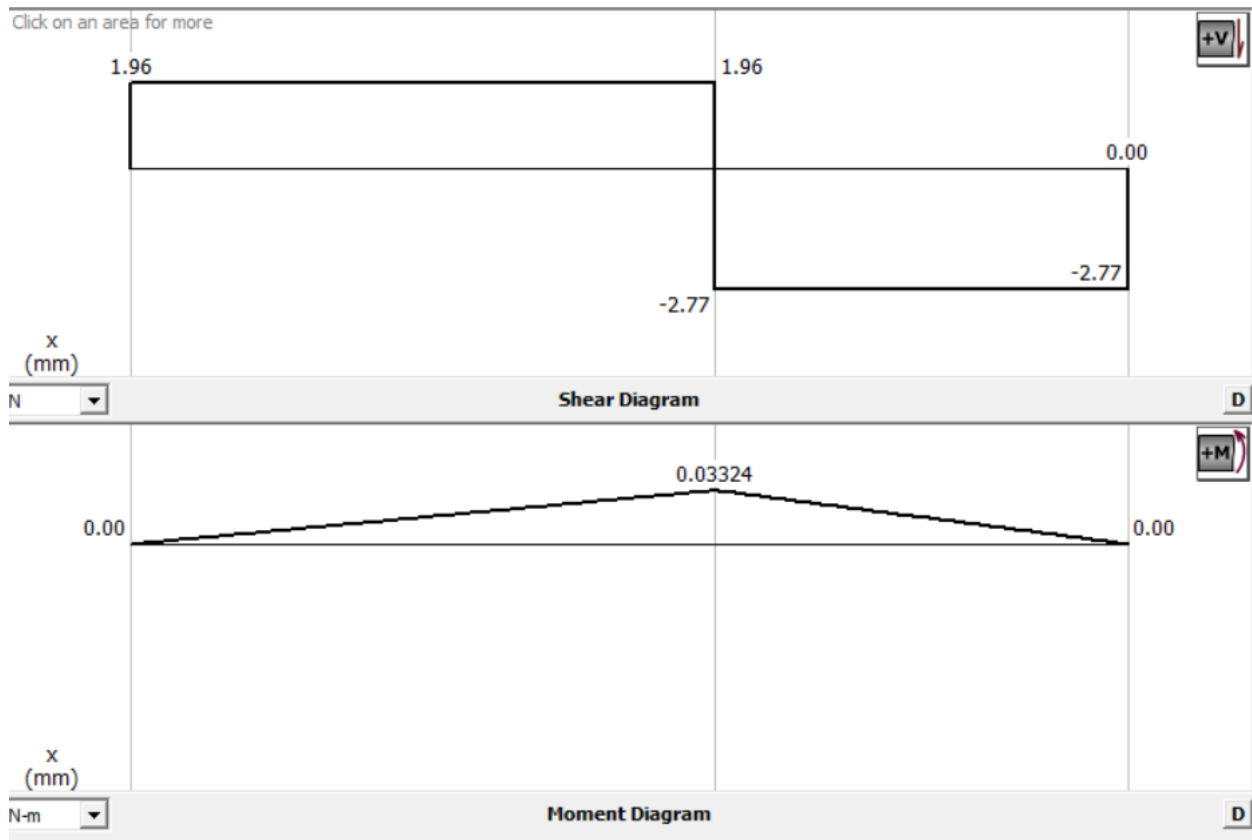


Figura 2.31 Diagrama de fuerza cortante y momento flector sobre el eje

Tabla 2.3. Momentos en las secciones críticas del eje.

Momento	Magnitud (Nm)
MA	0.0214
MB	0.033
MC	0.01638

Como el torque al que está sometido el eje es constante y los esfuerzos son reversibles. Se utilizó la ecuación 2.8 propuesta por la ASME para determinar el diámetro del eje en las 3 secciones de interés.

$$d = \left\{ \frac{32 \cdot N_f}{\pi} \left[\left(k_f \frac{Ma}{S_f} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(k_{fsm} \frac{Tm}{S_y} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{3}} \quad (2.8)$$

En donde:

Nf: factor de seguridad

Kf: factor de concentración de esfuerzo de fatiga

Kfsm: factor de concentración de esfuerzo para esfuerzo medio

Ma: Magnitud del momento en el punto de análisis

Tm: Torque medio

Sf: Resistencia a la fatiga corregida

Sy: Resistencia a la tracción

La resistencia a la fatiga para aceros viene dada por la ecuación 2.9.

$$Se' = 0.5 Sut \quad (2.9)$$

En donde el valor de Sut para el acero SAE 1045 rolado en frío se obtiene de la tabla C.1. Es necesario corregir este valor para las diferentes condiciones a las que está sometido el eje mediante la ecuación 2.10.

$$Se = Sf = C_{carga} C_{tamaño} C_{sup} C_{temp} C_{conf} Se' \quad (2.10)$$

Así mismo, para el eje de la cerradura electrónica que únicamente está sometido a cargas de flexión, tiene un acabado superficial de rolado en frío, trabaja a temperatura ambiente, tiene un diámetro inicial desconocido, y se diseña con una confiabilidad del 90%, los valores de los factores de corrección son los que se muestran en la tabla 2.4. El detalle de cómo obtener los valores de estas constantes se encuentra en el apéndice B.

Tabla 2.4 Valores de factores de corrección para el eje de la cerradura electrónica

Factor de corrección	Valor
C_{carga}	1
$C_{tamaño}$	1
C_{sup}	0.818

C_{temp}	1
C_{conf}	0.897

De esta manera, la resistencia a la fatiga corregida del eje es:

$$S_e = S_f = 230.03 \text{ MPa}$$

Los factores de concentración de esfuerzos se obtuvieron a partir de la ecuación 2.11.

$$K_f = 1 + q(K_t - 1) \quad (2.11)$$

En donde el valor de K_t depende de la carga a la que se someta esa sección del eje:

- Flexión: $K_t = 3.5$
- Cortante: $K_t = 2$
- Cuñero: $K_t = 4$

Mientras que el valor de q se lo obtuvo de la Figura 2.32. Teniendo así:

- Para flexión: $q = 0.815$
- Para torsión: $q = 0.830$

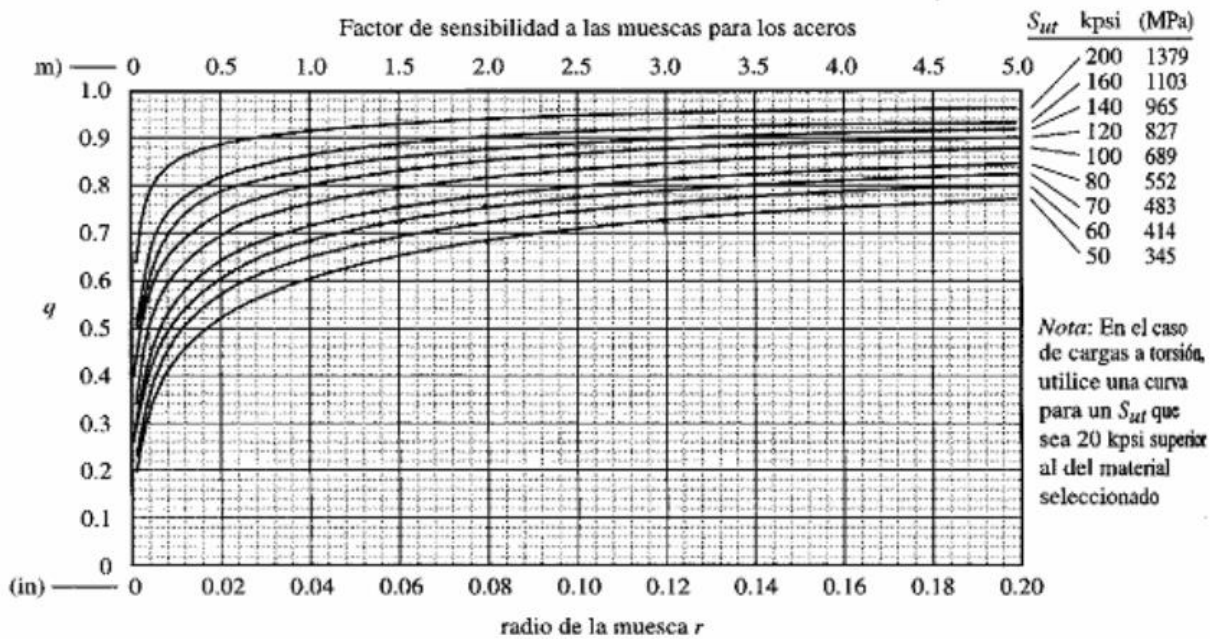


Figura 2.32. Curvas de sensibilidad a la muesca para aceros [34]

Una vez definidas las ecuaciones y constantes necesarias, se procedió a calcular los 3 diámetros requeridos utilizando la ecuación 2.8 considerando un factor de seguridad de 3.

- Para d_A

Como en el punto A el eje es hueco, esto se consideró como un cuñero ya que es un acumulador de esfuerzo, por lo que al sustituir las respectivas constantes en la ecuación 2.8 se tiene lo siguiente:

$$d_A = \left\{ \frac{32 * 3}{\pi} \left[\left(3.445 \frac{0.0214}{230.03 \times 10^6} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(3.49 \frac{0.48}{531 \times 10^6} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{3}}$$

$$d_A = 4.38 \text{ mm}$$

- Para d_B

En el caso del punto B, esta para del eje no se encuentra hueca por lo que se usan los valores de Kt para flexión y cortante para los cálculos de las constantes Kf y Kfsm. Sustituyendo las constantes en la ecuación 2.8 se tiene lo siguiente:

$$dB = \left\{ \frac{32 * 3}{\pi} \left[\left(3.0375 \frac{0.033}{230.03 \times 10^6} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(1.83 \frac{0.48}{531 \times 10^6} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{3}}$$

$$dB = 3.58 \text{ mm}$$

- Para dC

Al igual que en el caso del punto A, este segmento de eje es hueco por lo que es considerado como cuñero para los cálculos. Al sustituir los valores de las constantes en la ecuación 2.8 se tiene lo siguiente:

$$dC = \left\{ \frac{32 * 3}{\pi} \left[\left(3.445 \frac{0.01638}{230.03 \times 10^6} \right)^2 + \frac{3}{4} \left(3.49 \frac{0.48}{531 \times 10^6} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \right\}^{\frac{1}{3}}$$

$$dC = 4.37 \text{ mm}$$

De esta manera, los resultados obtenidos para los diámetros mínimos con los que deben ser diseñados los diferentes segmentos del eje de la cerradura se presentan en la tabla 2.5.

Tabla 2.5 Diámetros mínimos para diseño del eje

Segmento del Eje	Diámetro mínimo (mm)
Segmento A	4.38
Segmento B	3.58
Segmento C	4.37

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Dimensiones del acople

La figura 3.1 muestra la vista isométrica del diseño de la cerradura eléctrica realizado con todos sus componentes.

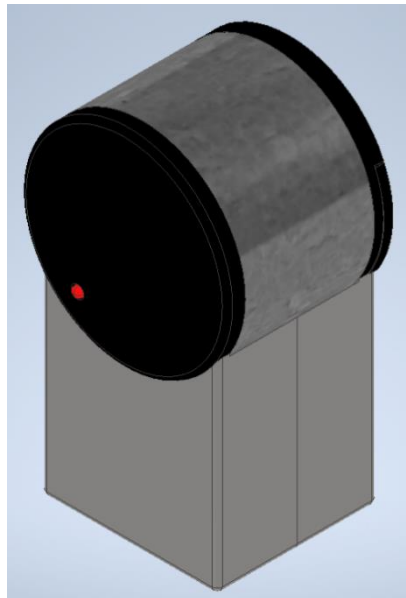


Figura 3.1 Ensamble de cerradura inteligente

En el apéndice F se pueden observar los planos detallados para cada pieza diseñada. La tabla 3.1 muestra las cotas máximas de las dimensiones que alcanza el ensamble total de la cerradura en los 3 ejes de coordenadas.

Tabla 3.1 Dimensiones de la cerradura

Medida	Magnitud (mm)
Alto	139
Ancho	80
Profundidad	64

Con estos resultados obtenidos se puede decir que la cerradura diseñada cumple con el requerimiento establecido de ser un diseño interactivo y agradable visualmente para el público.

3.2 Pruebas de funcionalidad de Ling

Se realizaron pruebas de funcionalidad en Ling de manera simultánea en ambos perfiles, por ejemplo, tenemos la comprobación de envío del código único mediante correo electrónico, validación de la clave única recibida y simulación del aplicativo móvil multiplataforma.

Para la comprobación del envío del código único, se registros nuevos huéspedes mediante el perfil administrador y a su vez a cada uno se le genero una reserva, la cual una vez registrada se verificaba si el código único era enviado al correo electrónico del huésped de manera inmediata. Como se ve en la figura 3.2. El correo electrónico llegaba al instante que la reserva se registraba en la base de datos, el huésped recibía un correo electrónico con nombre del hostel seguido por un mensaje con su nombre y por último código único.

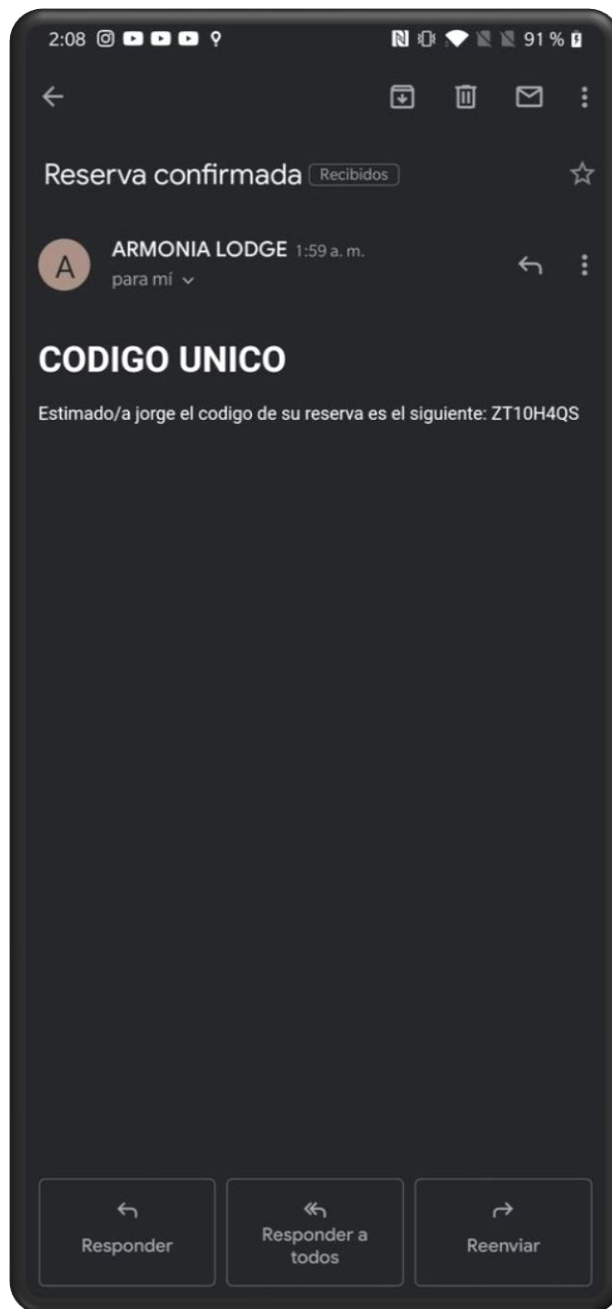


Figura 3.2 Envío del código único

Otra validación importante que se realizó fue la de comprobar que la clave de acceso solo puede ser usada por un solo huésped en el aplicativo móvil, es decir que nadie más va a tener acceso a la apertura o cierre de la cerradura a parte de la persona que realizó la reserva, En la figura 3.3 se evidencia como un huésped ingresa la clave para lograr entrar a su habitación, esto sucederá si se cumple la validación antes mencionada.

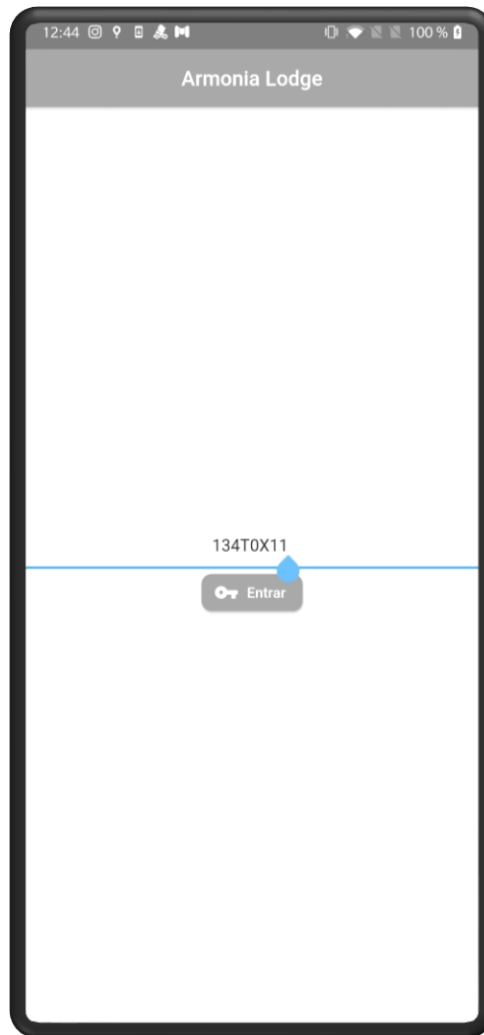


Figura 3.3 Ingresar el clave único

Esta validación se logró mediante una interacción entre el aplicativo móvil del huésped y la base de datos, en la primera se ingresa la clave única y en tiempo simultáneo se revisa la reserva que está vigente para el hostel para saber si alguna de ella posee la clave única antes ingresada. Además, de conocer a que habitación pertenece esa clave y hasta que fecha está vigente la reserva. Si la clave única ya ha sido utilizada se muestra el mensaje por pantalla de que esta ya fue ingresada validando que esta sea única y no sea transferida a otra persona como se ve la figura 3.4.



Figura 3.4 Mensaje de clave utilizada

La prueba final que se realizó fue ejecutar la app en un simulador de iOS para validar que esta funciona para este sistema operativo, debido a que la app de huésped tiene que abarcar al público general es decir para todo tipo de dispositivo móvil que existen en mercado, para esto se instaló una máquina virtual con el sistema operativo iOS en cual se descargó SDK Flutter en el software Android Studio y otros recursos que nos pedía este sistema operativo, una vez instalado todo lo requerido pudimos ejecutar dicho simulador y la aplicación se ejecutó de manera normal como se ve en la figura 3.5.

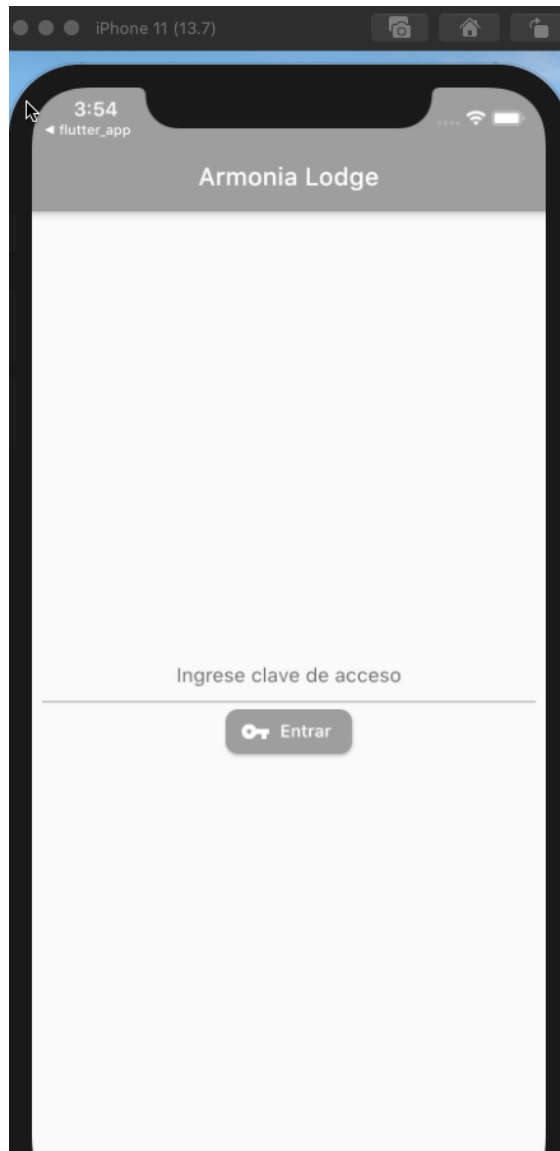


Figura 3.5 Perfil de huésped simulada iOS

3.3 Tiempos de respuesta

Probamos la velocidad de respuesta de la cerradura elaborando un prototipo funcional de alto nivel y realizando pruebas iterativas en donde se tomaron en consideración 4 métricas fundamentales para cumplir con los requerimientos de diseño, como: tiempo de apertura, tiempo de cierre, tiempo para establecer conexión Bluetooth, alcance máximo de conexión Bluetooth.

Considerando que, luego de 50 ensayos en los que se estableció conexión bluetooth entre un dispositivo móvil y la cerradura inteligente y, además, se accionó la apertura

y cierre de la cerradura. Se obtuvo una media de los tiempos de respuesta de la cerradura, los cuales se pueden evidenciar en la tabla 3.2

Tabla 3.2 Tiempos de respuesta de prototipo funcional de alto nivel

Tiempo de apertura [s]	1.4
Tiempo de cierre [s]	1.7
Tiempo de espera para establecer conexión BT [s]	2.8
Alcance máximo de conexión BT [m]	6.63

3.4 Autonomía de la cerradura

Para determinar la autonomía de la cerradura tomamos en consideración el consumo energético descrito en la tabla 2.1 que corresponde a la potencia consumida en un día promedio de uso de la cerradura.

La potencia que suministra el conjunto de baterías propuesto viene dada por la ecuación 3.1 en donde la potencia típica de la batería AA se obtuvo de su tabla de especificaciones (tabla A.4). Asimismo, con la ecuación 3.2 se determinó la autonomía de cerradura descrita en días, obteniendo un total de 72 días de autonomía. Los resultados de la autonomía de la cerradura para el conjunto de baterías seleccionado se presentan en la tabla 3.3.

$$Energía\ batería = \#baterías * Potencia\ típica\ batería\ AA \quad (3.1)$$

$$Autonomía = \frac{Energía\ batería}{Energía\ consumida\ en\ un\ día} \quad (3.2)$$

Tabla 3.3 Datos de la autonomía de la cerradura

Potencia típica batería AA (Wh)	3.6
Numero de baterías	4
Energía Batería (Wh)	14.4

Promedio de apertura/cierre de cerradura por día	5
Energía Consumida en un día Wh/día	0.20
Autonomía de Cerradura (días)	72

Con el diseño propuesto se consiguió una autonomía de 72 días de funcionamiento con un accionamiento promedio de la cerradura (apertura y cierre) de 5 veces por día. Consiguiendo más del doble del solicitado por los requerimientos de diseño que consistía en 30 días.

3.5 Análisis de costos

Para este punto se tomó en cuenta que la cerradura inteligente está conformada por diferentes tipos de elementos, que se dividen 2 secciones: eléctrica y mecánica. También sabemos que el hostel Armonía Lodge cuenta con 10 habitaciones, es decir se va a realizar la fabricación de 10 cerraduras inteligentes, por cada habitación.

Para ello se elaboró una tabla de costos con los materiales que se van a utilizar para la fabricación de la cerradura inteligente, tomando en cuenta si estos existen en el mercado ecuatoriano y el precio que estos tienen. Garantizando la fabricación de esta para el cliente sin necesidad de importar materiales.

A continuación, se estimó los honorarios de los 2 estudiantes que participaron en el diseño. En Ecuador normalmente un ingeniero en mecatrónica gana alrededor de \$800 por mes, realizando diseño de prototipos, dedicando 40 horas semanales. El tiempo estipulado que se le dedica a la materia integradora es de 24 horas a la semana, el sueldo de las horas trabajadas de los estudiantes en teoría corresponde a un valor de \$480 por mes. El tiempo de elaboración del diseño fue de 3 meses, lo que corresponde a \$1440 en honorarios para cada estudiante.

Tabla 3.4 Presupuesto para construcción de una cerradura electrica

Descripción del elemento	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Costo de elementos importados			
Sistema Electrónico			
Sensor encoder infrarrojo FC-03	1	\$ 3,00	\$ 3,00
Modulo Bluetooth HM-10	1	\$ 10,00	\$ 10,00
Micro motorreductor GA12 - N20	1	\$ 10,00	\$ 10,00
Baterías AA	4	\$ 0,88	\$ 3,50
78L33 (Regulador de voltaje)	1	\$ 0,50	\$ 0,50
ATMega328p	1	\$ 4,00	\$ 4,00
L2933D (Driver Motor)	1	\$ 0,50	\$ 0,50
Resistencia 220 ohm	1	\$ 0,10	\$ 0,10
Capacitor 1 uF	1	\$ 0,20	\$ 0,20
Resistencia 1 Kohm	2	\$ 0,10	\$ 0,20
Led rojo	1	\$ 0,10	\$ 0,10
Cables		\$ 4,00	\$ 4,00
Bornera 3	1	\$ 1,25	\$ 1,25
bornera 4	1	\$ 1,50	\$ 1,50
Bornera 2	3	\$ 1,00	\$ 3,00
PCB	1	\$ 8,00	\$ 8,00
		Subtotal	\$ 49,85
Sistema Mecánico			
Eje (Acero)	1	\$ 25,00	\$ 25,00
Soportes del mecanismo (Acero)	1	\$ 25,00	\$ 25,00
Case de plástico (PLA)	1	\$ 75,00	\$ 75,00
Tornillos M3	2	\$ 0,20	\$ 0,40
Tornillos M5	2	\$ 0,20	\$ 0,40
Case de baterías	1	\$ 1,00	\$ 1,00
Cerradura cilíndrica	1	\$ 8,00	\$ 8,00
		Subtotal	\$ 134,80
Servicio de computación			
Firestore premium	1	\$ 50,00	\$ 50,00
App Store	1	\$ 40,00	\$ 40,00
Google play	1	\$ 30,00	\$ 30,00
		Subtotal	\$ 120,00
Mano de obra			
Honorarios	2	\$ 1.440,00	\$ 2.880,00
Fabricación Total			
Cerradura Inteligentes	10	\$ 256,65	\$ 1.846,50
Servicio de computación	1	\$ 120,00	\$ 120,00
		Subtotal	\$ 1.966,50
		Total	\$ 5031,15

Como se evidencia en la tabla 3.4 de presupuesto para la construcción de las cerraduras inteligentes, la fabricación e instalación de estas tendría un valor de \$ 5703.15, la cual sería la inversión que debe realizar el hostel Armonía Lodge.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El diseño de cerradura propuesto permite la apertura y cierre de la misma de manera manual y remota en un radio máximo de hasta 6.63 metros.
- El aplicativo móvil, Ling, programado envía un código único al huésped al momento de realizar una reserva que le otorga permisos para acceder a las instalaciones del hotel el tiempo que dura su estadía, evitando el proceso de registro.
- Ambos perfiles de la aplicación móvil avanzada, administrador y huésped, pueden ser ejecutados en los 2 sistemas operativos de teléfonos inteligentes más utilizados en la actualidad, iOS y Android, de esta manera la aplicación consigue un alcance global.
- Se validó que ningún otro usuario puede utilizar el código único de una reserva una vez este ha sido utilizado por un huésped, aumentando el control de acceso a la habitación.
- La autonomía de la cerradura es de 72 días de uso constante considerando un promedio de 5 accionamientos por día y utilizando un conjunto de 4 baterías alcalinas AA, superando el requerimiento de diseño de 30 días de autonomía.
- Al realizar 50 ensayos del funcionamiento de la cerradura, se obtuvo que el sistema mecatrónico realiza la apertura de una cerradura en una media de 1.4 segundos y a su vez efectuar su cierre en 1.7 segundos.

4.2 Recomendaciones

- Implementar un servidor en las instalaciones del hotel en lugar de utilizar una base de datos en línea, generando un mejor manejo de la información de los huéspedes y de las reservaciones del hotel.
- Programar un circuito integrado con el propósito específico de controlar la cerradura para así disminuir el consumo energético consumido y el espacio físico que ocupa el circuito eléctrico.
- Implementar un adaptador puente que permita la conexión de la cerradura con internet y así poder notificar a la administración del hotel sobre el estado de las cerraduras de las habitaciones en tiempo real.
- La cerradura inteligente diseñada puede ser implementada no solo en hoteles, sino también puede ser utilizada para uso doméstico.
- La aplicación móvil avanzada puede mejorar el proceso de generación de llaves de acceso enfocándose en la habitación a reservar, más no en la reserva. De esta manera se tiene la posibilidad de tener varias claves para diferentes habitaciones al realizar una única reserva.
- En trabajos futuros se puede diseñar una serie de acoples que permitan adaptar el diseño propuesto a todo tipo de cerraduras existentes en el mercado ecuatoriano.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] MINTUR, “El turismo ecuatoriano creció un 11% en 2018 – Ministerio de Turismo,” *Ministerio de Turismo*. 2019, Accessed: Oct. 21, 2020. [Online]. Available: <https://www.turismo.gob.ec/el-turismo-ecuatoriano-crecio-un-11-en-2018/>.
- [2] Isidro Alcívar Veras, “Turismo en la economía de Ecuador - Entorno Turístico,” 2018, 2018. <https://www.entornoturistico.com/turismo-en-la-economia-de-ecuador/> (accessed Oct. 23, 2020).
- [3] J. M. C.-L. E. de Mercado, virtudes e inconvenientes, and undefined 2001, “Las necesidades sociales y la pirámide de Maslow.”
- [4] “Pirámide de Maslow - Qué es, definición y concepto | Economipedia.” <https://economipedia.com/definiciones/piramide-de-maslow.html> (accessed Nov. 10, 2020).
- [5] “Armonia Lodge Pool Pictures & Reviews.” https://www.tripadvisor.com/Hotel_Feature-g609140-d10003574-zft6217-Armonia_Lodge.html (accessed Nov. 10, 2020).
- [6] “Nunberg, G. (2012) The Advent of the Internet 12th April, Courses. - References - Scientific Research Publishing.” [https://www.scirp.org/\(S\(i43dyn45teexjx455qlt3d2q\)\)/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1482944](https://www.scirp.org/(S(i43dyn45teexjx455qlt3d2q))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1482944) (accessed Oct. 28, 2020).
- [7] E. A. Kosmatos, N. D. Tselikas, and A. C. Boucouvalas, “Integrating RFIDs and Smart Objects into a Unified Internet of Things Architecture,” *Adv. Internet Things*, vol. 01, no. 01, pp. 5–12, 2011, doi: 10.4236/ait.2011.11002.
- [8] S. Ramaswamy and R. Tripathi, “Internet of Things (IoT): A Literature Review,” *J. Comput. Commun.*, vol. 3, pp. 164–173, 2015, doi: 10.4236/jcc.2015.35021.
- [9] M. Gigli and S. Koo, “Internet of Things: Services and Applications Categorization,” *Adv. Internet Things*, vol. 01, no. 02, pp. 27–31, 2011, doi: 10.4236/ait.2011.12004.
- [10] S. Krco, B. Pokric, and F. Carrez, “Designing IoT architecture(s): A European perspective,” in *2014 IEEE World Forum on Internet of Things, WF-IoT 2014*, 2014, pp. 79–84, doi: 10.1109/WF-IoT.2014.6803124.
- [11] K. Yelamarthi, M. S. Aman, and A. Abdelgawad, “An application-driven modular IoT

- architecture,” *Wirel. Commun. Mob. Comput.*, vol. 2017, 2017, doi: 10.1155/2017/1350929.
- [12] Antonio Serna Ruiz, Francisco Antonio Ros García, and Juan Carlos Rico Noguera, *Guía Práctica de Sensores - Google Libros*. 2010.
- [13] “Sensores (Sensors) vs Actuadores (Actuators) | Tuatara Tech.” https://www.tuataratech.com/2015/06/sensores-sensors-vs-actuadores-actuators_8.html (accessed Nov. 11, 2020).
- [14] L. Corona, G. Abarca, and J. Mares, *Sensores y Actuadores - Leonel Germán Corona Ramírez, Griselda Stephany Abarca Jiménez, Jesús Mares Carreño - Google Libros*. 2014.
- [15] C. Herrera Quintero and L. Felipe, “Ingeniería e Investigación,” vol. 25, no. 2, pp. 47–53, 2005, Accessed: Oct. 28, 2020. [Online]. Available: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64325207>.
- [16] S. Wright and A. Steventon, “Intelligent Spaces — The Vision, the Opportunities, and the Barriers,” 2006, pp. 1–17.
- [17] E. Bernal, S. Campa, G. Carlos, and M. Espinilla, “IoT y Ambientes Inteligentes – Aplicación a pacientes diabéticos e hipertensos en modalidad domiciliaria IoT by Smart Enviroments – Aplication to diabetic and hypertensive patients in domiciliary modality Technological model of monitoring and follow-up,” 2018.
- [18] S. Madakam, “Internet of Things: Smart Things,” *Artic. Int. J. Futur. Comput. Commun.*, 2015, doi: 10.7763/IJFCC.2015.V4.395.
- [19] “(No Title).” [http://erecursos.uacj.mx/bitstream/handle/20.500.11961/4959/Prototipo de cerradura inteligente usando aplicación en Android.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://erecursos.uacj.mx/bitstream/handle/20.500.11961/4959/Prototipo%20de%20cerradura%20inteligente%20usando%20aplicaci%C3%B3n%20en%20Android.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (accessed Nov. 06, 2020).
- [20] A. Gaikwad, S. Bagwan, L. Deshmukh, and D. Sisodiya, “SMART DOOR LOCKING SYSTEM.” Accessed: Nov. 06, 2020. [Online]. Available: <https://ijret.org>.
- [21] “Android based Home Security System Using Bluetooth | Jeevitha | Networking and Communication Engineering.” <http://www.ciitresearch.org/dl/index.php/nce/article/view/NCE032017002>. (accessed Nov. 06, 2020).
- [22] A. M. Al Bakry and R. D. Resan, “Smart Phone-Arduino based of Smart Door

- Lock/unlock using RC4 stream Cipher Implemented in Smart Home,” 2016.
- [23] “Cerradura electrónica para un acceso inteligente: Nuki Smart Lock.” <https://nuki.io/es/> (accessed Nov. 10, 2020).
- [24] N. H. Ismail, Z. Tukiran, N. N. Shamsuddin, E. I. S. Saadon, and P. Diploma, *Android-based Home Door Locks Application via Bluetooth for Disabled People*. .
- [25] A. Jesús González García, J. López, V. Xavi, and V. Guillen, “IoT: Dispositivos, tecnologías de transporte y aplicaciones,” 2017.
- [26] S. Sapiña Santiago, “Desarrollo de aplicaciones para l’IoT,” Nov. 2019, Accessed: Nov. 06, 2020. [Online]. Available: <https://riunet.upv.es/handle/10251/130936>.
- [27] “¿Te imaginas cerrar la puerta de tu casa con el móvil? | Cerrajería urgencias 24 horas Tenerife.” <https://cerrajerijmd.es/imaginas-cerrar-puerta-casa-con-movil/> (accessed Nov. 11, 2020).
- [28] “Módulo Bluetooth 4.0 HM-10 CC2540/CC2541 BLE con Base - Electronilab.” <https://electronilab.co/tienda/modulo-bluetooth-4-0-hm-10-cc2540cc2541-ble-rs232/> (accessed Feb. 04, 2021).
- [29] “Sensor de velocidad infrarrojo FC-03.” <https://altronics.cl/sensor-velocidad-ir-fc03> (accessed Feb. 04, 2021).
- [30] “Amazon.com: Greartisan DC 3V/6V/12V 19RPM-3000RPM N20 Motor de reducción de velocidad de alto par con motor de caja de engranajes de metal para juguetes RC de bricolaje: Home Improvement.” https://www.amazon.com/-/es/Greartisan-19RPM-3000RPM-reducci3n-velocidad-engranajes/dp/B07FVHQH1W/ref=sr_1_17?__mk_es_US=ÅMÅŽÕÑ&dchild=1&keywords=polulu%2Bdc%2Bmotor%2B20rpm&qid=1612488923&sr=8-17&th=1 (accessed Feb. 04, 2021).
- [31] “Buy ATmega328P PU DIP 28 Microcontroller IC Online at Best Price.” <https://robu.in/product/atmega328p-pu-pdip-28-microcontroller/> (accessed Feb. 04, 2021).
- [32] “Baja potencia transistor regulador 3.3 v 78L33 L78L33 LM78L33 WS78L33 línea|line desk|line shirtline - AliExpress.” <https://es.aliexpress.com/item/32393071377.html> (accessed Feb. 04, 2021).
- [33] “Cerradura Cilindrica 530-101 – Ferretería Digital RD.” <https://ferreteriadigitalrd.com/product/cerradura-cilindrica-530-101/> (accessed

Feb. 04, 2021).

- [34] “ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL - PDF Descargar libre.”
<https://docplayer.es/83449919-Escuela-politecnica-nacional.html> (accessed Feb. 04, 2021).

APÉNDICES

APÉNDICE A

Especificaciones técnicas de los componentes seleccionados

Tabla A.1 Especificaciones del módulo Bluetooth HM-10

Voltaje de operación	3.6V – 6V
Corriente consumida: Estado dormido	30~200 uA
Corriente consumida: Estado activo	8.5 mA
Frecuencia	Banda ISM 2.4GHz
Alcance	100 metros

Tabla A.2 Especificaciones del sensor FC-03

Voltaje de operación	5V CD
Salidas	Analógica y digital
Corriente media consumida	10 mA
Sensor	MOCH22A
Tipo de emisor	Fotodiodo IR
Tipo de detector	Fototransistor

Tabla A.3 Especificaciones del micro motorreductor GA12-N20

Voltaje de operación	6 V
Velocidad de Salida	30 rpm
Torque	1.22 Nm
Corriente media consumida	150 mA
Tipo de eje	Tipo D
Diámetro de eje	3mm
Longitud del eje	9.3 mm
Tamaño del motor	16x12x10 mm
Tamaño de la caja reductora	8.89x11.92x10 mm

Tabla A.4 Característica de las baterías alcalinas de tipo AA

Voltaje nominal (V)	1.5 V
Capacidad típica (mAh)	1700-3000
Potencia típica (Wh)	2.6-3.6
Recargable	No
Voltaje mínimo de descarga	1.0 V
Voltaje a plena carga	1.6 V
Largo	49.2 a 50.5 mm
Diámetro	13.5 a 14.5 mm

APÉNDICE B

Factores de corrección para la resistencia a la fatiga corregida de un eje

- Efectos de carga

Tabla B.1 Valores de C_{carga} para diferentes tipos de carga

Tipo de carga	Valor de C_{carga}
Carga de flexión	1
Carga axial	0.7

- Efectos de tamaño

Tabla B.2 Valores de $C_{tamaño}$ para diferentes diámetros de eje

Diámetro del eje	Valor de $C_{tamaño}$
Para $d \leq 8 \text{ mm}$	1
Para $8 \text{ mm} < d \leq 250 \text{ mm}$	$1.189d^{-0.097}$

- Efectos de superficie

Se utiliza la aproximación descrita en la ecuación B.1 para los efectos superficiales.

$$C_{surf} = A(S_{ut})^b \quad (\text{B.1})$$

En donde los valores de A y b depende del acabado superficial del metal y son descritos en la tabla B.3.

Tabla B.3 Coeficientes de la ecuación del factor de superficie B.1

Acabado Superficial	A	B
Esmerilado	1.58	-0.085
Maquinado o rolado en frío	4.51	-0.265

Rolado en caliente	57.7	-0.718
Forjado	272	-0.995

- **Efectos de temperatura**

Tabla B.4 Valores de C_{temp} para diferentes temperaturas del eje

Temperatura del eje	Valor de C_{temp}
Para $T \leq 450^{\circ}C$	1
Para $450^{\circ}C < T \leq 550^{\circ}C$	$1 - 0.0058(T - 450)$

- **Efectos de confiabilidad**

Tabla B.5 Valores de C_{conf} para diferentes porcentajes de confiabilidad

% de Confiabilidad	Valor de C_{conf}
50	1.00
90	0.897
95	0.868
99	0.814
99.9	0.753
99.99	0.702

APÉNDICE C

Propiedades mecánicas de los materiales utilizados para el diseño de la cerradura

Tabla C.1 Propiedades mecánicas del acero SAE 1045 rolando en frío

Densidad (g/cm ³)	7.87
Resistencia última a la tracción (MPa)	627
Resistencia a la tracción (MPa)	531

Tabla C.2 Propiedades mecánicas del plástico ABS

Alargamiento en la rotura (%)	45
Coefficiente de fricción	0.654
Resistencia a la tracción (MPa)	41-45
Resistencia al impacto Izod (J/m-1)	200-400
Densidad (g/cm ³)	1.07

APÉNDICE D

Código de la programación del microcontrolador

```
#define led 3 //led indicador de bateria baja
#define avance 5 //salida que acciona el avance del motor
#define retroceso 6 // salida que acciona el retroceso del motor
#define lectura_bateria A1 //lectura analogica del divisor de voltaje de la
bateria
int encoder = 2; //pin del encoder
int cont = 0;
int lectura_ADC;
float voltaje_minimo = 4.6; //corresponde al 25% de la bateria
float voltaje_medido = 0;

//00:18:91:D7:11:40
//BT id del dispositivo
#include <SoftwareSerial.h>
SoftwareSerial BT(10,11);
String stringRead;
const String abrir = "111"; //constante que se necesita recibir para abrir
cerradura
const String cerrar = "99"; //constante que se necesita recibir para cerrar
cerradura

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  BT.begin(115200);

  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(encoder),rutina_encoder, FALLING);
  //tipo de interrupcion, en este caso el pin 2 represta a la interrupcion
cero
  //funcion a ejecutarse cuando ocurra una interrupcion
  //FALLING es el tipo de interrupcion, cuando la señal pasa de un alto a un
bajo
  pinMode(led, OUTPUT);
  pinMode(avance, OUTPUT);
  pinMode(retroceso, OUTPUT);
}

void rutina_encoder(){
  cont = cont + 1;
}

void medidor_voltaje(){
  lectura_ADC = analogRead(lectura_bateria);
  //convierto los valores leidos desde 5V que recibe el ADC
  //a los 6.4
  voltaje_medido = lectura_ADC *(5.00/1023.00)*2;
  if(voltaje_medido < voltaje_minimo){
    digitalWrite(led, HIGH);
  }else{
    digitalWrite(led, LOW);
  }
}
```

```
void loop() {
  medidor_voltaje();
  if(BT.available()){
    stringRead = BT.read();
    Serial.println(stringRead);
    cont = 0;
    delay(20);
    if(stringRead == abrir){
      Serial.println("Abrir Cerradura");
      while(cont<30){
        Serial.println(cont);
        analogWrite(avance, 255);
      }
      analogWrite(avance, 0);
      cont = 0;
    }
    if(stringRead == cerrar){
      Serial.println("Cerrar Cerradura");
      while(cont<30){
        Serial.println(cont);
        analogWrite(retroceso, 255);
      }
      analogWrite(retroceso, 0);
      cont = 0;
    }
  }
}
```

APÉNDICE E

Código de la programación de la aplicación móvil de huésped

```
import 'dart:async';
import 'dart:convert';
import 'dart:typed_data';
import 'package:flare_flutter/flare_actor.dart';
import 'package:flutter/material.dart';
import 'package:flutter/services.dart';
import 'package:flutter_bluetooth_serial/flutter_bluetooth_serial.dart';
import 'package:firebase_database/firebase_database.dart';
import 'package:provider/provider.dart';
import 'package:shared_preferences/shared_preferences.dart';

import 'Login.dart';
import 'login_state.dart';

class AccionarCerradura extends StatefulWidget {
  String BT_id;
  final DBref = FirebaseDatabase.instance.reference().child('Hotel');

  @override
  _AccionarCerraduraState createState() => _AccionarCerraduraState();
}

class _AccionarCerraduraState extends State<AccionarCerradura> with
WidgetsBindingObserver {

  BluetoothState _bluetoothState = BluetoothState.UNKNOWN;
  final GlobalKey<ScaffoldState> _scaffoldKey = new GlobalKey<ScaffoldState>();
  FlutterBluetoothSerial _bluetooth = FlutterBluetoothSerial.instance;
  BluetoothConnection connection = null;
  bool isDisconnecting = false;

  bool get isConnected => connection != null && connection.isConnected;
  BluetoothDevice _device; //dispositivo
  bool _connected = false; //estado del dispositivo

  @override
  void initState() {
    super.initState();
    //si BT del dispositivo esta desactivado, se pide permiso para activarlo
    WidgetsBinding.instance.addObserver(this);
    enableBluetooth();
    _getBTState();
    _stateChangeListener();
    print("init state bt");
  }
  // comprobacion si bt encendido o apagado
  Future<void> enableBluetooth() async {
```



```

//recuperacion de estado de BT
_blueetoothState = await FlutterBluetoothSerial.instance.state;
//si BT esta apagado Lo enciende
if (_blueetoothState == BluetoothState.STATE_OFF) {
  await FlutterBluetoothSerial.instance.requestEnable();
  return true;
}
return false;
}

_getBTState() {
  FlutterBluetoothSerial.instance.state.then((state) {
    _blueetoothState = state;
    if (_blueetoothState.isEnabled) {
      Conectar();
    }
    setState(() {});
  });
}

_stateChangeListener() {
  FlutterBluetoothSerial.instance.onStateChanged()
    .listen((BluetoothState state) {
    _blueetoothState = state;
    if (_blueetoothState.isEnabled) {
      Conectar();
    }
    print("State isEnabled: ${state.isEnabled}");
    setState(() {});
  });
}

@override
void dispose() {
  WidgetsBinding.instance.removeObserver(this);
  //control de perdida de memoria y desconexion de enlace
  if (isConnected) {
    isDisconnecting = true;
    connection.dispose();
    connection = null;
  }
  super.dispose();
}

Future<void> Conectar() async {
  //CODIGO BT ESP32 = "A4:CF:12:75:47:FE"
  //CODIGO BT HC-05 = "00:18:91:D7:11:40"
  SharedPreferences prefs = await SharedPreferences.getInstance();
  widget.BT_id = prefs.getString("BT_id");
  print(prefs.getString("BT_id"));
  try {
    connection = await BluetoothConnection.toAddress(widget.BT_id);
    print('Dispositivo conectado');
    connection.input.listen((Uint8List data) {
      print(ascii.decode(data));
      setState(() {});
    });
  }
}

```

```

    } catch (exception) {}
}

void _abrirCerradura() async {
    String text = "o";
    text = text.trim();
    if (text.length > 0) {
        try {
            connection.output.add(utf8.encode(text));
            await connection.output.allSent;
        } catch (e) {
            setState(() {});
        }
        widget.DBref.child("Habitaciones").once().then((DataSnapshot snap) {
            snap.value.forEach((key, value) {
                value.forEach((k1, v1) {
                    if (!(v1 is int)) {
                        v1.forEach((kf, vf) {
                            if (vf['BT_id'] == widget.BT_id) {
                                widget.DBref.child("Habitaciones/" + key + "/" + k1 + "/" +
                                    kf).update({
                                        'estado': 'ABIERTO'
                                    });
                            }
                        });
                    }
                });
            });
        });
    }
}

void _cerrarCerradura() async {
    String text = "c";
    text = text.trim();
    if (text.length > 0) {
        try {
            connection.output.add(utf8.encode(text));
            await connection.output.allSent;
        } catch (e) {
            setState(() {});
        }
        widget.DBref.child("Habitaciones").once().then((DataSnapshot snap) {
            snap.value.forEach((key, value) {
                value.forEach((k1, v1) {
                    if (!(v1 is int)) {
                        v1.forEach((kf, vf) {
                            if (vf['BT_id'] == widget.BT_id) {
                                widget.DBref.child("Habitaciones/" + key + "/" + k1 + "/" +
                                    kf).update({
                                        'estado': 'CERRADO'
                                    });
                            }
                        });
                    }
                });
            });
        });
    }
}

```

```

    });
  }
}

String _animationName = "lock";

@override
Widget build(BuildContext context) {
  return Scaffold(
    appBar: AppBar(

      title: Text('Armonia Lodge',
        style: TextStyle(
          color: Colors.white,
          fontStyle: FontStyle.normal,)),
      centerTitle: true,
      backgroundColor: Colors.grey,
      actions: [
        IconButton(
          icon: Icon(Icons.logout, size: 35, color: Colors.white, ),
          splashColor: Colors.white ,
          onPressed: () {
            _showMyDialog();
          }
        )
      ],
    ),

    backgroundColor: Colors.white,
    body: Container(
      padding: EdgeInsets.all(32),
      child: Center(
        child: Column(
          children: <Widget>[
            Expanded(
              child: FlareActor('assets/images/l.flr',
                alignment: Alignment.center,
                fit: BoxFit.contain,
                animation: _animationName,
              )
            ),
            Row(
              mainAxisAlignment: MainAxisAlignment.spaceAround,
              children: <Widget>[
                MaterialButton(
                  color: Colors.grey,
                  shape: RoundedRectangleBorder(
                    borderRadius: BorderRadius.circular(10)
                  ),
                  height: 45,
                  minWidth: 125,
                  child: Text(
                    'Abrir', style: TextStyle(color: Colors.white,fontSize:
22)),),
                  onPressed: () {
                    _cerrarCerradura();

```

```

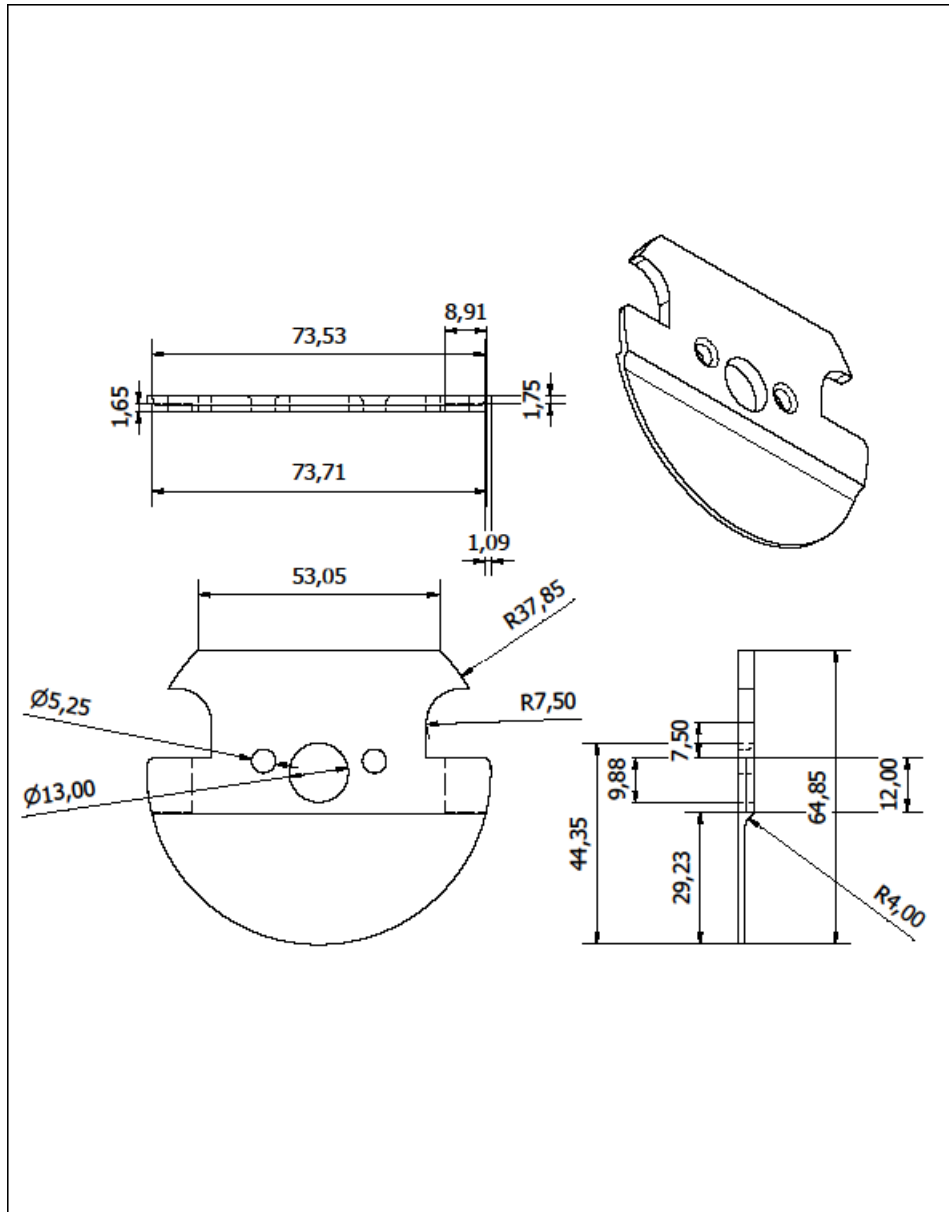
        setState(() {
          _animationName = 'unlock';
        });
      },
      MaterialButton(
        color: Colors.grey,
        shape: RoundedRectangleBorder(
          borderRadius: BorderRadius.circular(10)
        ),
        height: 45,
        minWidth: 125,
        child: Text(
          'Cerrar', style: TextStyle(color: Colors.white,fontSize:
22)),),
        onPressed: () {
          _abrirCerradura();
          setState(() {
            _animationName = 'lock';
          });
        }
      ),
    ],
  ),
),
);
}
Future<void> _showMyDialog() async {
  return showDialog<void>(
    context: context,
    barrierDismissible: false, // user must tap button!
    builder: (BuildContext context) {
      return AlertDialog(
        title: Text('Salir',textAlign: TextAlign.center,),
        content: SingleChildScrollView(
          child: ListBody(
            children: <Widget>[
              Text('Seguro que desea terminar su estadia'),
            ],
          ),
        ),
        actions: <Widget>[
          TextButton(
            child: Text('Si',style:TextStyle(color: Colors.blue)),
            onPressed: () {
              Navigator.push(context,MaterialPageRoute(builder: (context) =>
Login()),);
              Provider.of<LoginState>(context).logout();
            },
          ),
          TextButton(
            child: Text('No',style:TextStyle(color: Colors.blue)),
            onPressed: () {
              Navigator.pop(context);

```

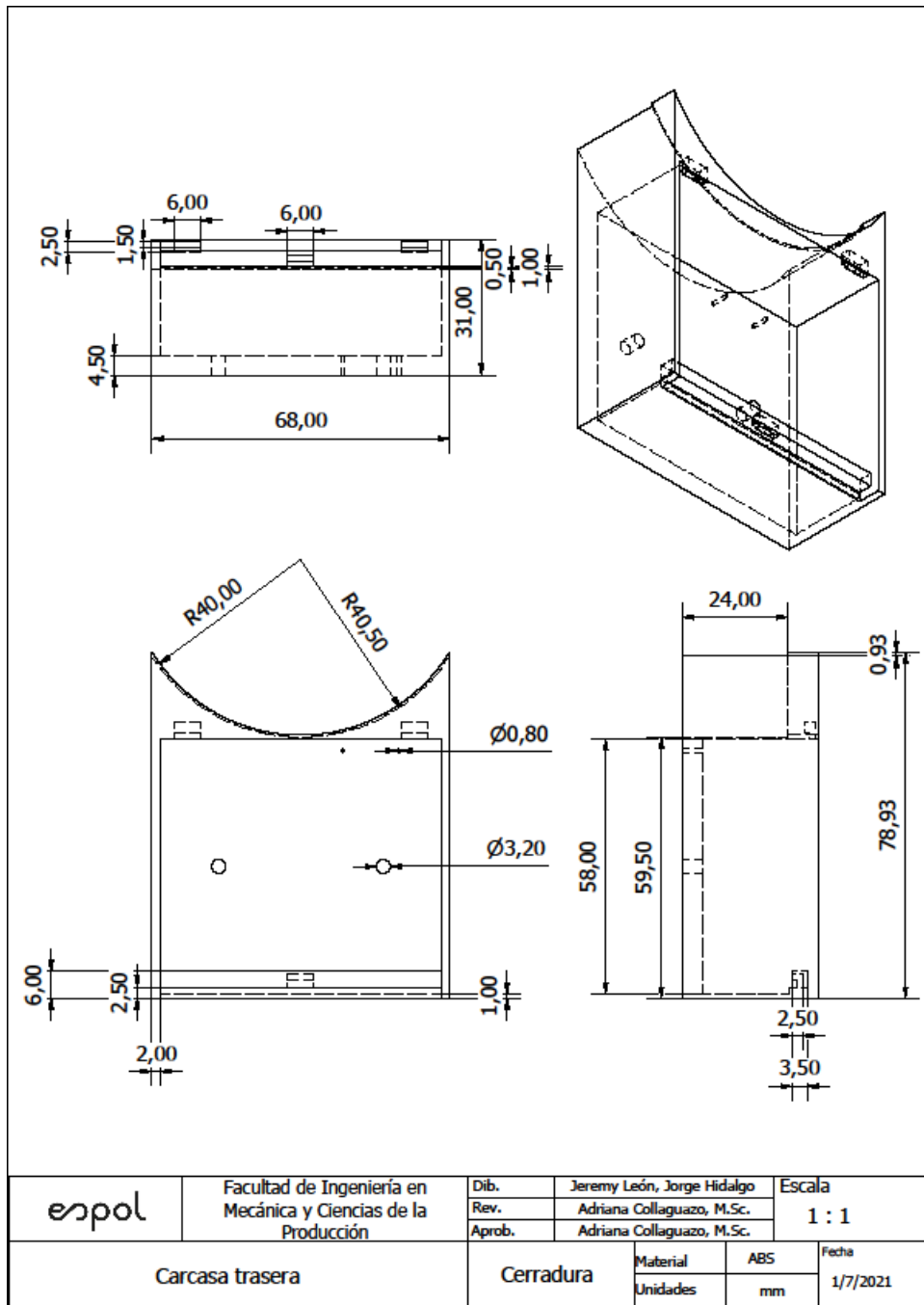
```
}  
  }  
  );  
};  
);  
},  
),  
},  
},
```

APÉNDICE F

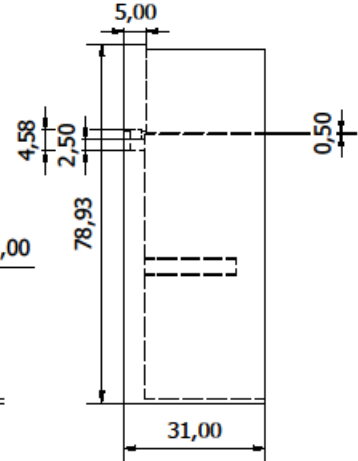
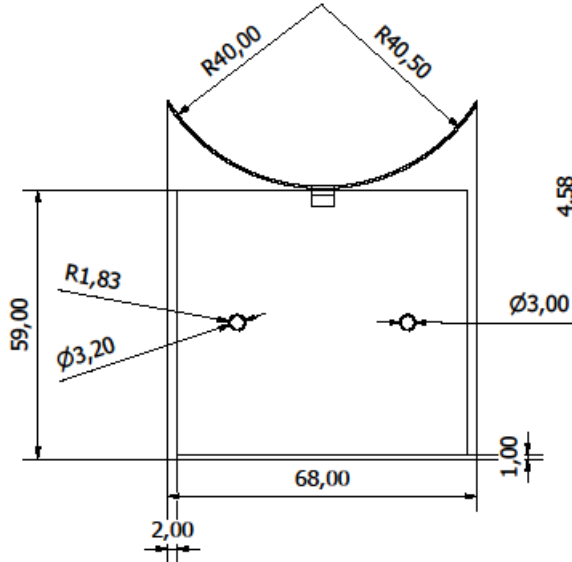
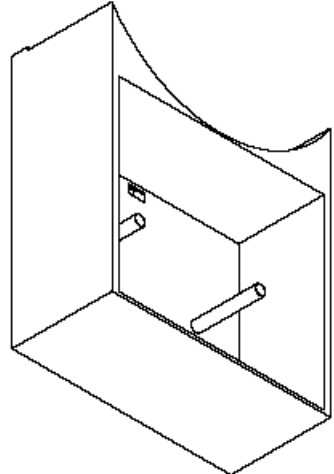
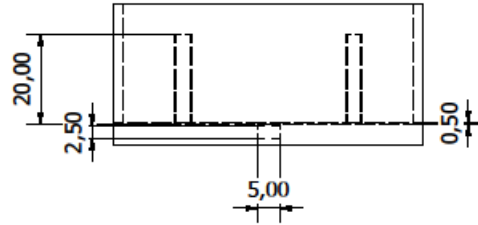
Planos mecánicos y eléctricos



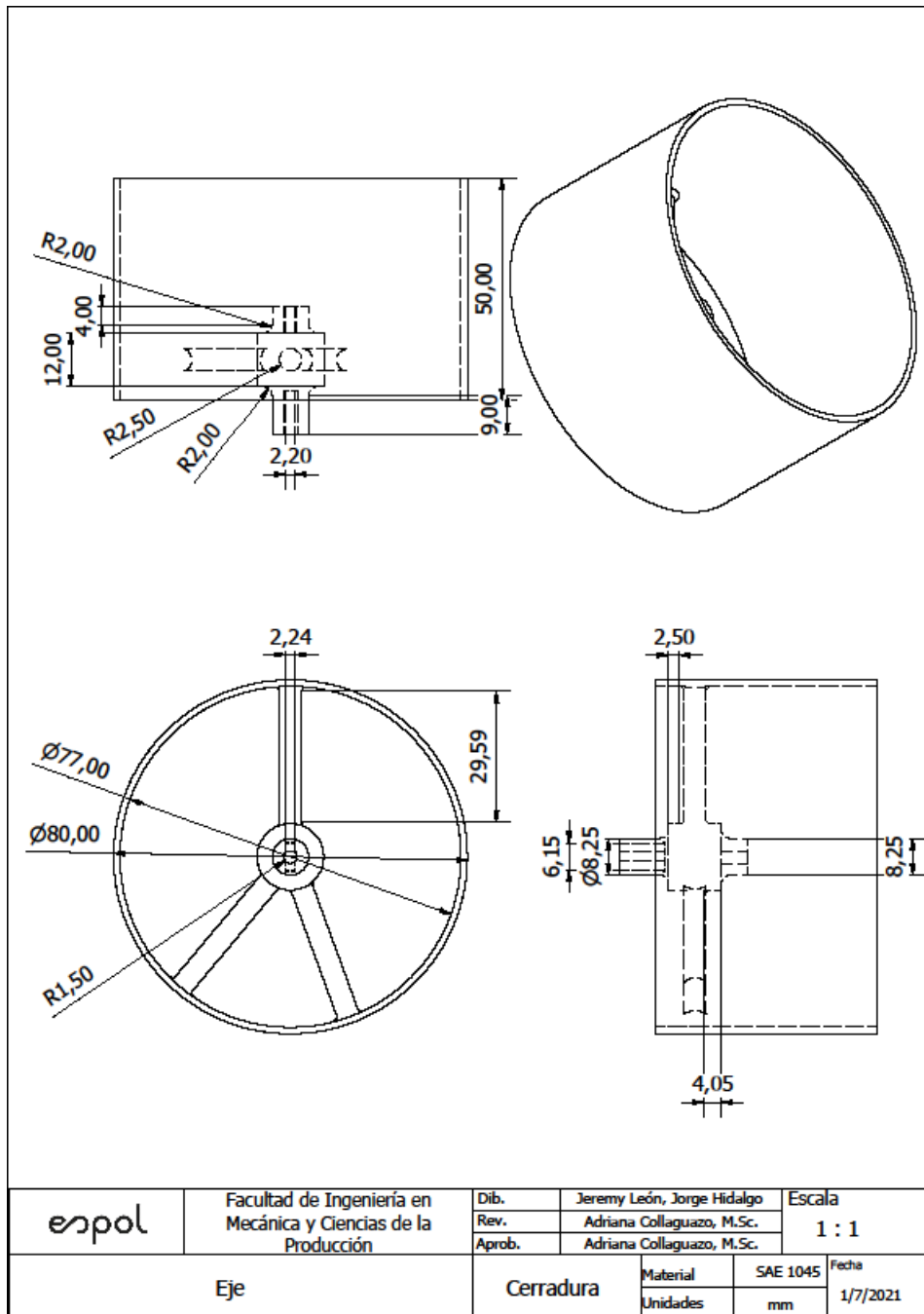
	Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción	Dib.	Jeremy León, Jorge Hidalgo	Escala	1 : 1
		Rev.	Adriana Collaguazo, M.Sc.		
		Aprob.	Adriana Collaguazo, M.Sc.		
Acople Pared		Cerradura	Material	SAE 1045	Fecha
			Unidades	mm	1/7/2021



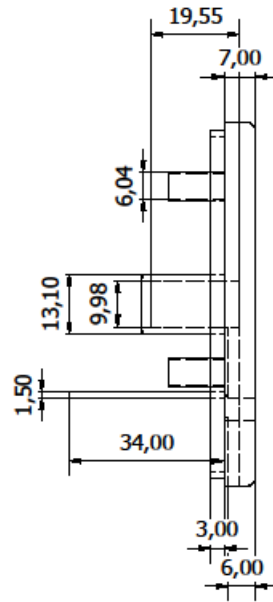
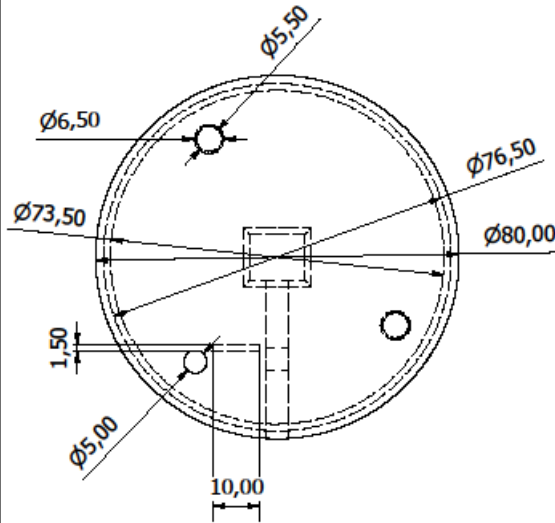
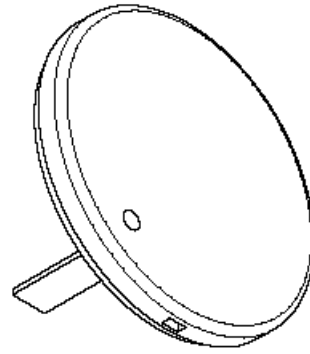
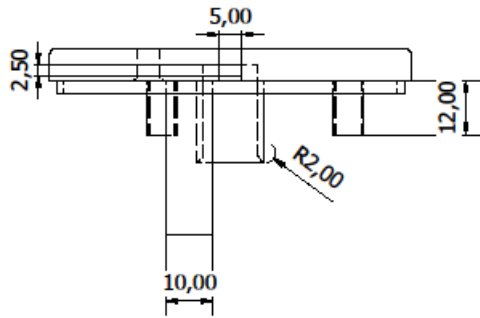
espol	Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción	Dib.	Jeremy León, Jorge Hidalgo	Escala
		Rev.	Adriana Collaguazo, M.Sc.	1 : 1
Carcasa trasera		Aprob.	Adriana Collaguazo, M.Sc.	Material
		Cerradura	Material	ABS
			Unidades	mm
				Fecha
				1/7/2021



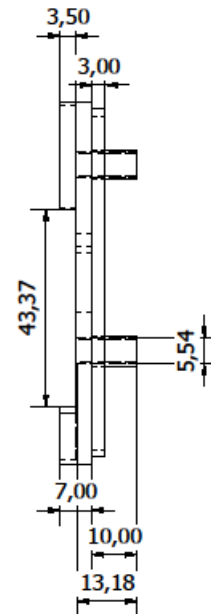
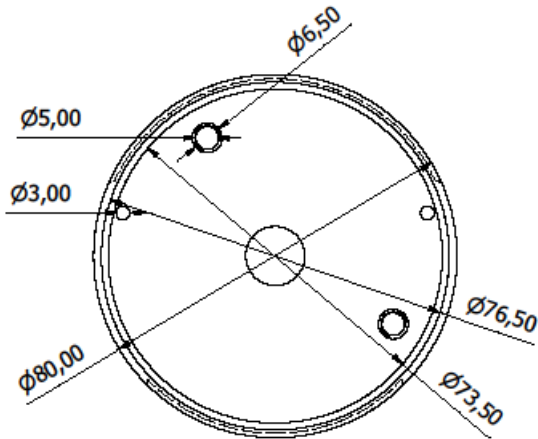
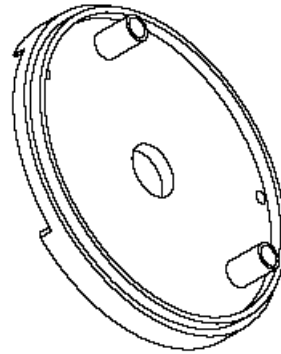
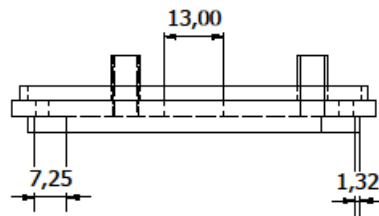
	Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción	Dib.	Jeremy León, Jorge Hidalgo	Escala
		Rev.	Adriana Collaguazo, M.Sc.	1 : 1
		Aprob.	Adriana Collaguazo, M.Sc.	
Carcasa delantera	Cerradura	Material	ABS	Fecha
		Unidades	mm	1/7/2021




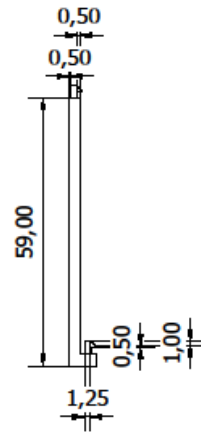
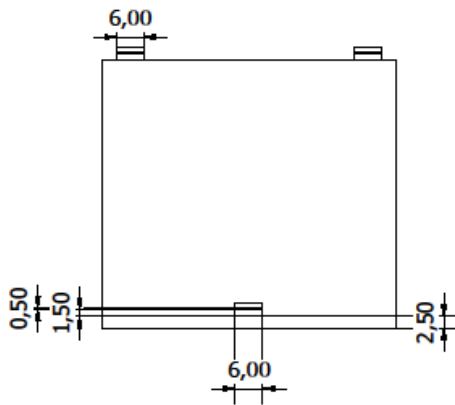
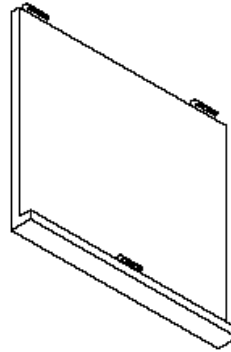
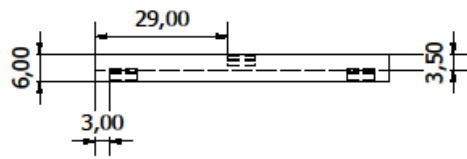
	Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción	Dib.	Jeremy León, Jorge Hidalgo	Escala
		Rev.	Adriana Collaguazo, M.Sc.	1 : 1
		Aprob.	Adriana Collaguazo, M.Sc.	
Eje	Cerradura	Material	SAE 1045	Fecha
		Unidades	mm	1/7/2021



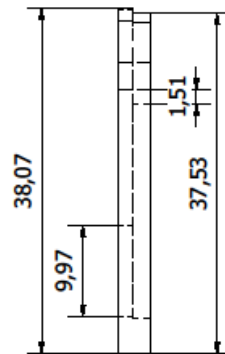
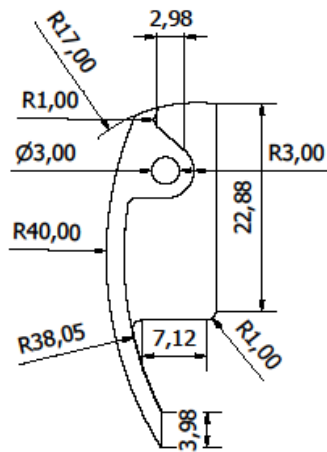
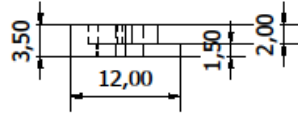
	Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción	Dib.	Jeremy León, Jorge Hidalgo	Escala	1 : 1
		Rev.	Adriana Collaguazo, M.Sc.		
		Aprob.	Adriana Collaguazo, M.Sc.		
Parte delantera	Cerradura	Material	ABS	Fecha	1/7/2021
		Unidades	mm		



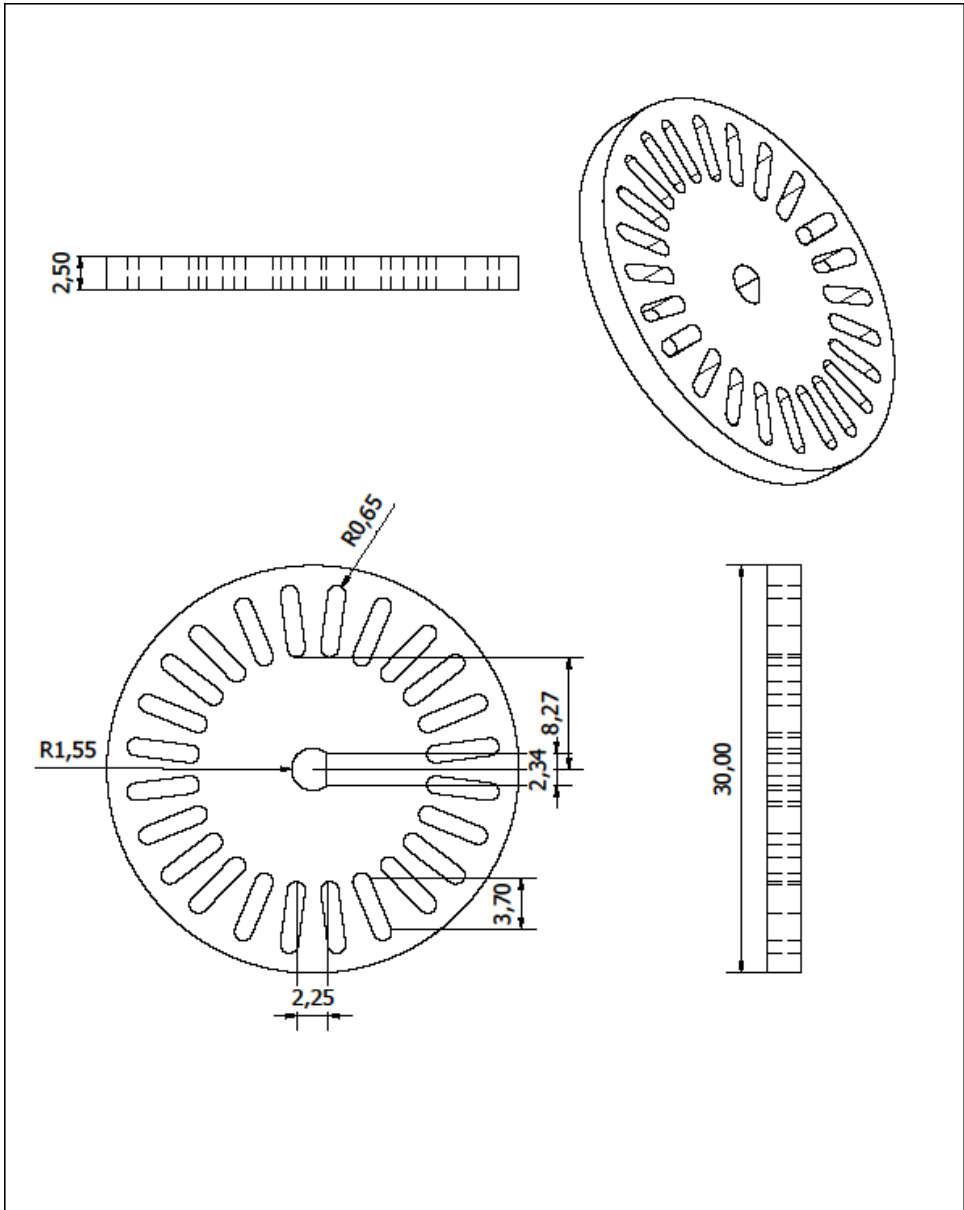
	Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción	Dib.	Jeremy León, Jorge Hidalgo	Escala
		Rev.	Adriana Collaguazo, M.Sc.	1 : 1
		Aprob.	Adriana Collaguazo, M.Sc.	
Parte trasera	Cerradura	Material	ABS	Fecha
		Unidades	mm	1/7/2021



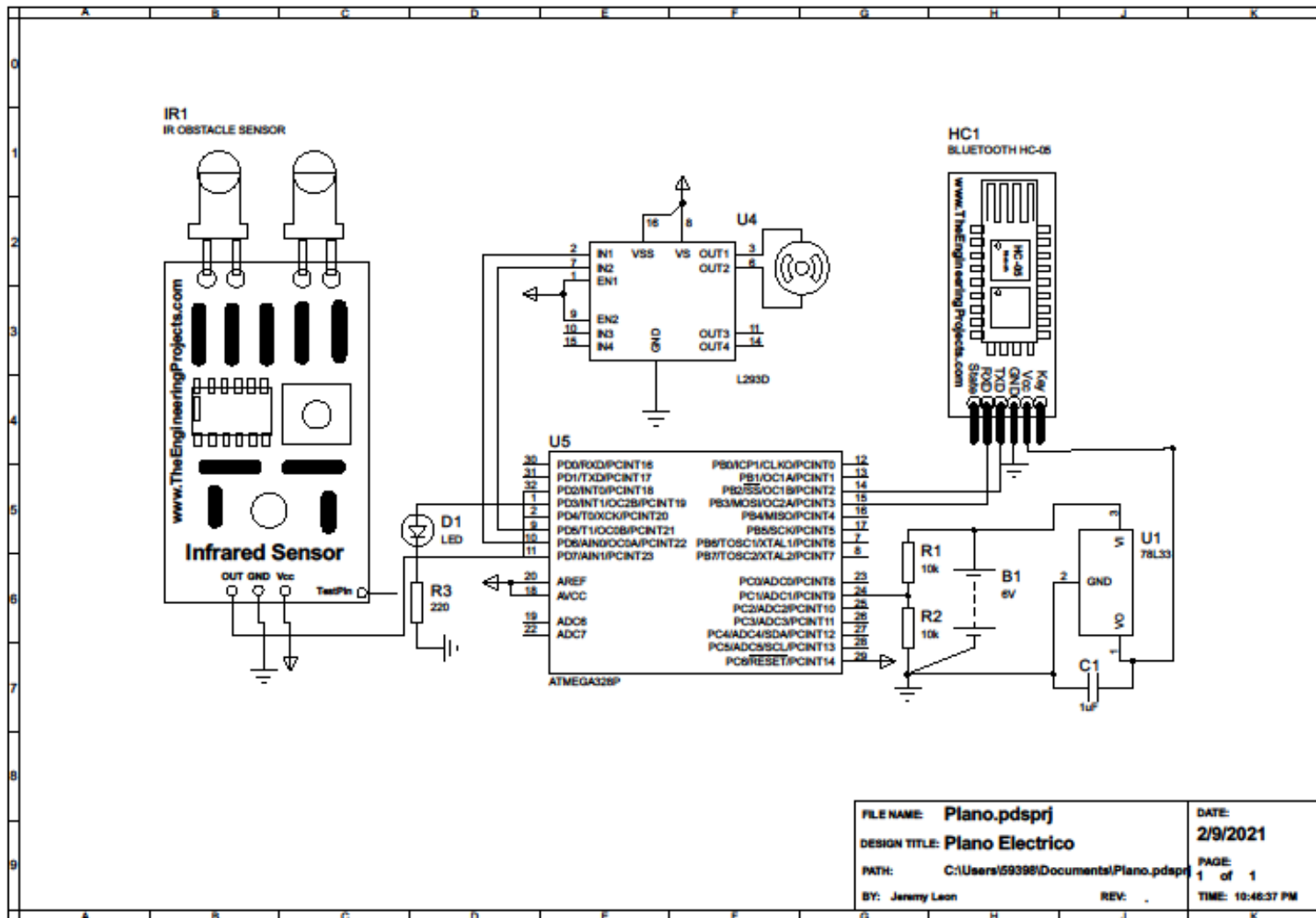
espol	Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción	Dib.	Jeremy León, Jorge Hidalgo	Escala
		Rev.	Adriana Collaguazo, M.Sc.	1 : 1
		Aprob.	Adriana Collaguazo, M.Sc.	
Tapa		Cerradura	Material Unidades	ABS mm
				Fecha 1/7/2021



	Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción	Dib.	Jeremy León, Jorge Hidalgo	Escala
		Rev.	Adriana Collaguazo, M.Sc.	2 : 1
		Aprob.	Adriana Collaguazo, M.Sc.	
Vincha	Cerradura	Material	ABS	Fecha
		Unidades	mm	1/7/2021



	Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción	Dib.	Jeremy León, Jorge Hidalgo	Escala 3 : 1
		Rev.	Adriana Collaguazo, M.Sc.	
Disco Ranurado		Aprob.	Adriana Collaguazo, M.Sc.	Fecha 1/7/2021
		Cerradura		



FILE NAME: Plano.pdsprj
 DESIGN TITLE: Plano Electrico
 PATH: C:\Users\59398\Documents\Plano.pdsprj
 BY: Jeremy Leon

DATE: 2/9/2021
 PAGE: 1 of 1
 REV: .
 TIME: 10:48:37 PM

APÉNDICE G

Carta de autorización



Fecha 10/05/2021

AUTORIZACIÓN

Yo, (Ing. Salomón Eduardo Rosero Delgado) con cédula de ciudadanía 0918442435, representante legal de (Hostal Armonía Lodge), autorizo usar el nombre de nuestra organización para el tema del proyecto integrador "Diseño de cerradura inteligente para el hostal Armonía Lodge", realizado por la Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), perteneciente a los estudiantes **Jorge Carlos Hidalgo Revelo** con número de cédula de ciudadanía 0951934231 y **Jeremy Carlos Leon Andrade** con número de cédula de ciudadanía 0954148755.



Firma

Nombres del representante legal *Salomón Rosero*
Cédula de Ciudadanía #: *0918442435*
Teléfono: *0992331653*

SALOMÓN ROSERO
Gerente de Ventas

booking@armonialodge.com
(+593) 992331653

VIA A OJÓN ATRÁS DEL MONUMENTO SURFISTA
COLINAS DE MONTAITA SANTA ELENA

ARMONIALODGE.COM