



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ARAGÓN**

**LUMINARIA DOMÓTICA CONTROLADA
POR UNA INTERFACE DESARROLLADA
EN CÓDIGO ABIERTO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO MECÁNICO

PRESENTA:

OMAR NEFTALÍ ZAVALA VALDEZ

ASESOR:

M. en I. HUMBERTO MANCILLA ALONSO

Nezahualcóyotl, Estado de México México 2015



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

A mis padres y hermana quienes son parte fundamental de mi vida, por siempre apoyarme y estar a mi lado, por haberme brindado grandes enseñanzas que me han sabido guiar a lo largo de mi vida y demostrarme que con esfuerzo y dedicación se puede lograr lo que sea.

A mi novia Alexandra, por todo el apoyo incondicional que me ha brindado, por su paciencia y comprensión y por siempre haber estado a mi lado cada que lo necesite.

A la familia Morales Valdez quienes confiaron en mí, que me brindaron consejos y me apoyaron en todo momento a lo largo de mi formación profesional.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y la Facultad de Estudios Superiores Aragón, por abrirme sus puertas y darme la oportunidad de realizar mi formación académica y profesional.

A mi asesor M. en I. Humberto Mancilla Alonso, su apoyo y confianza para la realización de este trabajo, por ser un excelente profesor, una admirable persona y sobre todo un gran amigo.

A mis familiares y amigos, que siempre me ayudaron en mi formación tanto personal como académica, por confiar en mí y estar siempre en los buenos y malos momentos de mi vida.

A todos ustedes, gracias.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Necesidad.....	4
1.2 Objetivo.....	5
CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO	6
2.1 HARDWARE Y SOFTWARE	8
2.2 COMPONENTES DE UN SISTEMA DOMÓTICO.....	9
2.2.1 TIPOS DE ARQUITECTURA	11
2.2.2 TOPOLOGÍAS DE RED	13
2.2.3 MEDIOS DE TRANSMISIÓN O BUS.....	15
2.2.4 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN	15
2.2.5 FUENTES DE ALIMENTACIÓN	16
2.3 CARACTERÍSTICAS DE UN SISTEMA DOMÓTICO	20
2.4 ALTERNATIVAS PARA IMPLEMENTAR UNA INSTALACIÓN DOMÓTICA.....	20
CAPÍTULO 3 ESTADO DE LA TÉCNICA	21
3.1 CONTROLADOR	23
3.2 INTERFAZ DE USUARIO.....	25
3.3 BUS DE COMUNICACIÓN.....	27
3.4 ACTUADOR	29
3.5 LUMINARIAS Y TIPOS DE ILUMINACIÓN	31
3.6 REQUERIMIENTOS Y ESPECIFICACIONES.....	34
3.7 PROPUESTA DE SOLUCIÓN	36
CAPÍTULO 4 PRINCIPIO DE PERACIÓN PRUEBA.....	39
4.1 BUSES DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA (RADIOFRECUENCIA)	40
4.2 INTERFAZ DE USUARIO BÁSICA	51
4.3 ETAPA DE CONTROL	58
4.4 LUMINARIA Y FUENTE DE ALIMENTACIÓN	62
CAPÍTULO 5 DESARROLLO DE PROTOTIPO.....	81
5.1 CONTROLADOR Y TRANSMISOR.....	89
5.2 LUMINARIA DOMÓTICA	93

5.3 INTERFAZ DE USUARIO FINAL	98
CAPÍTULO 6 ENTREGA Y VALIDACIÓN.....	114
6.1 PRUEBA Y RESULTADOS	115
6.2 CONCLUSIONES Y TRABAJO A FUTURO.....	119
APÉNDICE A: DIAGRAMAS DE CONEXIÓN.....	120
APÉNDICE B: DIAGRAMAS DE CIRCUITOS IMPRESOS	130
APÉNDICE C: SCKETCHES DE PROGRAMACIÓN.....	135
APÉNDICE D: HOJAS DE DATOS DE LOS CIRCUITOS INTEGRADOS Y COMPONENTES	139
REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA	141



CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

“Sólo hay una cosa que convierte en imposible un sueño, el miedo al fracaso”

Actualmente, vivimos en una etapa crítica la cual hay que tomar acciones encaminadas a preservar el medio en el que vivimos, contribuir al cuidado del planeta.

No se necesitan hacer grandes cosas para lograr un gran cambio, realizando acciones como limpiar el lugar en donde vivimos o trabajamos, depositar la basura en su lugar, separar basura orgánica e inorgánica, no dejar llaves de agua abiertas y desconectar equipos eléctricos cuando no se utilizan; son algunas de las acciones que se deben llevar a cabo diariamente y que se pueden hacer con facilidad, de esa manera nos hacemos parte de este gran cambio que nuestro planeta necesita.

Sin embargo, aún quedan muchos espacios por explorar y desarrollar de una forma amplia y eficiente, comprometiendo a una de las áreas que actualmente tiene una gran aplicación en la actualidad y está preocupada en el desarrollo sustentable: **la domótica**.

Las viviendas han ido evolucionando desde la aparición de la electricidad, hasta la creación de diferentes electrodomésticos que hasta cierto momento eran inasequibles para la mayoría de las personas. Hoy en día se llega a un punto en el que la tecnología avanza considerablemente que es posible para la mayoría de la población contar con este tipo de elementos. Lo mismo busca la domótica en sus diferentes mercados; se tiene la idea de que la domótica es muy costosa y por lo tanto solo pueden acceder a ella ciertos grupos sociales, por lo que en la actualidad aunque existen diversos tipos de automatismos que las personas pueden integrar a sus viviendas, dependen de su capacidad económica, más que de sus necesidades; incluso el costo de una instalación domótica va en aumento conforme a lo que se desee implementar. Por esto es importante un mayor desarrollo de estos sistemas para que puedan estar al alcance de la población de manera más económica.

Alrededor del mundo existen distintos enfoques dentro de la domótica, ya que cada país que ha desarrollado proyectos de este tipo le han dado un toque distintivo de acuerdo a su ideología y necesidades.

En EUA la aplicación de la domótica está encaminada para tener consecuencias únicamente económicas. Su orientación se dirige hacia el hogar interactivo y ha sido el primer país en promover y realizar un estándar para la gestión técnica de los edificios: el CEBus (Consumer Electronic Bus).

La visión japonesa pretende utilizar los sistemas informáticos orientados no hacia el hogar interactivo, sino hacia el hogar automatizado, la asociación más activa de este

país es la EIAJ (Electronic Industries Association of Japan) con su proyecto bus HBS (Home Bus System)

En Europa el objetivo es técnico-económico y se le da más importancia a la ecología, la salud y el bienestar de los habitantes, se orienta hacia la idea completa de un edificio inteligente y la creación de un estándar único.

Aunque el mundo de la domótica se ha desarrollado desde hace más de 30 años, reuniendo tres áreas de aplicación tecnológica, es decir la convergencia de la electrónica, informática y telecomunicaciones; es frustrante observar que en México esta área no tiene un gran desarrollo, y esto es paradójico ya que un país como México necesita áreas de oportunidad para generar empleos y que mejor que hacerlo en un sector que aparte de contribuir con el crecimiento económico nacional, contribuye con el ahorro energético.

El impulso de la automatización de viviendas y edificios es un instrumento tecnológico que facilita la vida del ser humano. La domótica como rama de la ingeniería debe asegurar la resolución de problemas que afectan la actividad cotidiana de la sociedad. Es así como la domótica tiene enfoque directo en la sociedad aportando principalmente seguridad y confort a los receptores de dicha tecnología, y la posibilidad de ahorro energético al encargarse de los diferentes sistemas que pueden ser integrados en la red domótica.

Dentro de los sistemas de una instalación domótica, se encuentran los sistemas de iluminación, el cual es uno de los principales conceptos de consumo energético, registrando hasta un 20% del consumo total de una vivienda estadística proporcionada por la SENER (Secretaría de Energía).

Por otra parte, la implementación de los sistemas de control de iluminación, influye en la realización de las actividades diarias de cada persona, y consecuentemente dichos sistemas gestionan eficientemente la energía y provocan un ahorro energético directo a las tarifas de luz.

En otro aspecto existen diversos protocolos de control diseñados específicamente para su uso en viviendas y grandes edificaciones los cuales gestionan los diferentes tipos de automatización que se pueden tener en dichos recintos, tales como el control de iluminación, calefacción, aire acondicionado, seguridad, etc. Dichos protocolos se

pueden clasificar en dos grandes grupos, aquellos que son protocolos abiertos y los denominados protocolos propietarios o cerrados

Aunque existan estos grandes grupos de protocolos de comunicación, desde el surgimiento de la domótica se ha usado la estandarización, con el objetivo de implementarse en el mercado mundial, basándose en ciertas normas y especificaciones que permitan la integración de dispositivos de una mejor forma. La necesidad de estandarización ha llevado a diferentes sociedades y fabricantes a fusionarse o crear asociaciones para establecer dichos parámetros de estandarización. Dicha estandarización abarca desde el diseño del producto y la gestión tecnológica, hasta el modo en que operaría y el protocolo de control a utilizar. Por ende esto provoca que los sistemas domóticos en su mayoría usen protocolos abiertos y a veces en específico los protocolos estandarizados.

1.1 Necesidad

Observando la biblioteca central de tesis de la UNAM, nos damos cuenta que no hay un gran desarrollo de estas innovaciones, dado que al haber bastantes artículos teóricos sobre la domótica, pocos proyectos como tal se han desarrollado; el desarrollo de proyectos domóticos es importante ya que contribuye al ahorro energético como uno de sus principales objetivos, sin dejar de lado las aplicaciones que se les puede dar.

Es necesario que el desarrollo de estos nuevos sistemas vayan evolucionando de acuerdo a la carrera tecnológica que se vive ahora, por ende es importante buscar nuevas y mejores alternativas para hacer un uso más sencillo y eficiente de los recursos, sin embargo, la aplicación de la nueva tecnología conlleva a una elevación en los costos de un sistema domótico.

Con la finalidad de continuar con la tendencia de aplicar nuevas y mejores tecnologías al hogar para contribuir con el ahorro energético, es necesaria la creación de un producto domótico innovador, capaz de reemplazar y/o trabajar en conjunto con elementos tradicionales en las casas, como lo son las luminarias, teniendo un control en todo momento sobre ellas, adaptando algún sistema de control que incurra en las nuevas tendencias de la domótica.

1.2 Objetivo

El objetivo principal es diseñar y desarrollar una luminaria domótica y un sistema de control de iluminación alterno, añadiendo una mayor autonomía de los componentes en un menor costo, una instalación menos invasiva y utilización más sencilla, integrando además una interfaz de fácil uso en conjunto con los **gadgets** inteligentes de hoy en día (Smartphones y tablets), evaluando y seleccionando la tecnología existente para que los componentes que lo integran sean de bajo consumo, y así el sistema tenga la proyección tecnológica adecuada.



CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

“Existe una fuerza motriz más grande que el vapor y la energía atómica: La voluntad”

Una de las muchas aplicaciones de la mecatrónica, tiene lugar en la domótica, la cual deriva de la unión de las palabras domus (casa en Latín) y tica (automática en griego).

La domótica como su nombre lo indica es el conjunto de tecnologías aplicadas a la automatización y control de los sistemas eléctricos y electrónicos de una vivienda.

En la aplicación de la domótica los servicios que se ofrecen se pueden agrupar en cinco aspectos principales, estos son:

Ahorro energético: El ahorro energético no es algo tangible, sino un concepto que se puede abordar muchas maneras. En muchos casos no es necesario sustituir los aparatos o sistemas del hogar por otros que consuman menos energía, sino que haya una gestión más eficiente de los mismos por ejemplo:

- Climatización: Programación de temperaturas y/o iluminación y zonificación de los espacios a climatizar según el usuario lo requiera.
- Gestión de las cargas eléctricas: Desconexión de equipos de uso no prioritarios en función del consumo energético de estos en un tiempo específico.
- Uso de energías renovables.

Confort: El confort conlleva a todas las acciones que tienen el propósito de aumentar el bienestar y la comodidad en la vivienda, pueden ser de carácter pasivo, activo o mixto.

- Iluminación:
 - Apagado general o parcial de las luminarias de la vivienda.
 - Automatización del apagado/encendido de cada punto de luz.
 - Regulación de iluminación según el nivel de iluminación del ambiente.
 - Cierre puntual de persianas según la iluminación exterior-interior o acorde a la necesidad del usuario.
- Automatización de los distintos sistemas, instalaciones o equipos dotándolos de un control eficiente y de fácil manejo.
- Integración de algunos sistemas de seguridad a un solo dispositivo de control más sencillo e incluso integrarlos a otros dispositivos de uso común (televisor, celular teléfono).
- Control a distancia, vía internet o algún otro tipo de comunicación.

Seguridad: Consiste en una red de seguridad encargada de proteger tanto los bienes como la seguridad personal.

- Alarmas de intrusión o Anti-intrusión: Se utilizan para detectar o prevenir la presencia de personas extrañas a una vivienda o edificio, por medio de sensores (Detectores volumétricos, presencia, perimetrales).
- Alarmas de detección de incendios, fugas de gas, escapes de agua, concentración de gases nocivos.
- Alertas médicas y/o tele asistencia
- Control y programación de cámaras de seguridad y su acceso remoto.

Comunicaciones: Son los sistemas o infraestructuras de comunicación que posee el hogar y que son encargados de distribuir la información en todo el complejo domótico dentro y fuera de él.

- Comunicación entre el control maestro y esclavos y las interfaces para el usuario.
- Control remoto desde internet, PC, mandos inalámbricos.
- Transmisión de alarmas
- Intercomunicaciones dentro de los espacios del hogar, asistencia remota de mantenimiento y seguridad.

Accesibilidad: En esta categoría se incluyen las instalaciones o aplicaciones de control del entorno, que favorecen la autonomía de personal con limitaciones funcionales o alguna discapacidad.

2.1 HARDWARE Y SOFTWARE

Generalmente al hablar de un sistema automatizado se debe tener conocimiento sobre ciertos conceptos generales o específicos, según sea el caso. Para el desarrollo de un proyecto domótico debemos conocer un par de conceptos externos que podemos generalizar para referirnos parcial o totalmente al mismo, incluso esto nos ayuda para al momento de realizar la investigación sobre los componentes que se utilizarán. Un sistema domótico en general lo podemos visualizar en dos partes, la parte física y la parte virtual, sin embargo estos dos conceptos también podemos aplicarlos en algunos componentes específicos.

Por la parte física está el *Hardware*. Literalmente significa partes duras, y conceptualmente se refiere a todos los dispositivos y componentes físicos y tangibles que realizan las tareas de entrada y salida. Como ejemplo podemos decir que, a un CPU, un teléfono móvil, una cámara fotográfica, un reproductor multimedia e incluso un robot y por supuesto nuestro sistema domótico, podemos describirlos como hardware.

Por otra parte tenemos lo virtual que llamaremos *Software* que significa partes blandas o suaves y se trata de todo aquel equipamiento lógico e intangible de programación indispensable para el funcionamiento de un computador, por lo que en grandes aspectos el software es el que le da vida al hardware.

Por tanto podemos aplicar estos conceptos a nuestro sistema y generalizarlo. Al propio sistema lo podemos considerar como hardware y en software podremos tener la interfaz de usuario y las instrucciones que tiene el controlador para su funcionamiento.

Hay plataformas aplicadas a estos conceptos como lo son Open-Source, Open-Hardware y Open-Software. Estos conceptos refieren a que son de distribución gratuita y el usuario puede hacer libre el uso de estos, así como editar y manipular su configuración interna a como más convenga, sin alguna restricción por parte de los fabricantes o desarrolladores en el caso del software.

2.2 COMPONENTES DE UN SISTEMA DOMÓTICO

La amplitud de los servicios que puede ofrecer un sistema domótico, puede variar desde un único dispositivo, que realiza una sola acción, hasta amplios sistemas que controlan prácticamente todas las instalaciones dentro de la vivienda. En un sistema domótico existen diferentes elementos que lo componen, cada elemento o dispositivo debe ser apto para dar solución a los diferentes problemas a los que se enfrenta nuestro sistema y a la aplicación que se le destina.

Si bien los componentes de un sistema domótico pueden variar en cada caso, podemos diferenciar algunos generales (Figura 2.1).

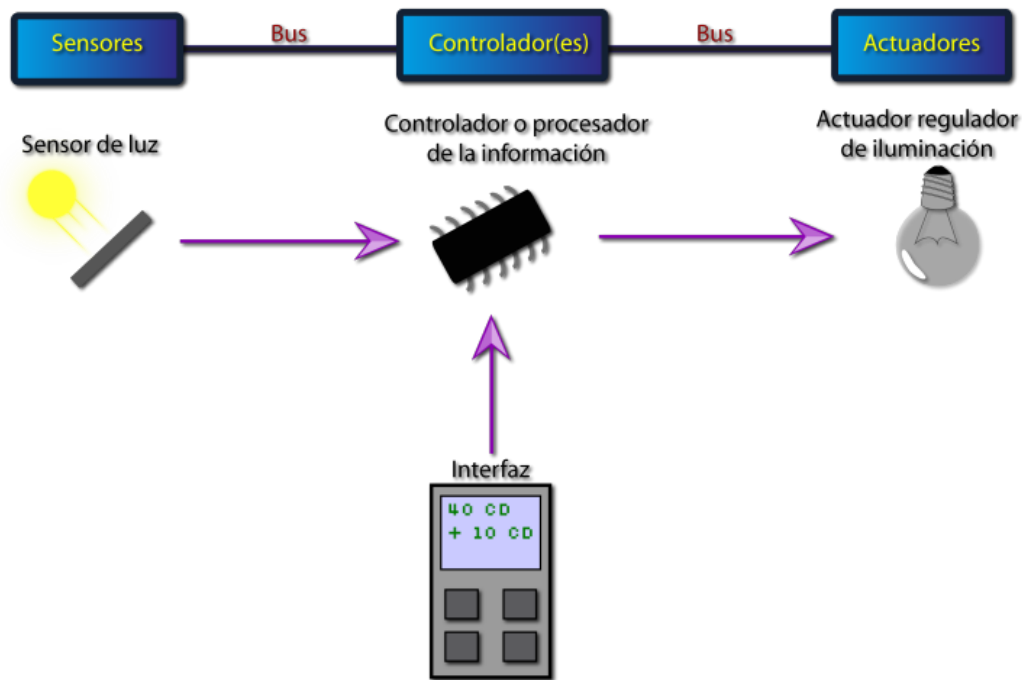


Figura 2.1 Componentes de un sistema domótico

- **La central de gestión o controlador:** Gestiona la información que reciben por parte de los sensores y/o del usuario y “deciden” que hacer según su programación. Puede haber uno o más controladores en el sistema según el tipo de arquitectura del sistema.
- **Sensores:** Monitoriza el entorno recolectando información que transmite hacia al sistema de control (sensor de agua, gas, humo, temperatura, presencia, lluvia, iluminación, humedad, etc.).
- **Actuadores:** Ejecuta una orden que recibe desde el sistema de control para realizar una acción sobre un sistema o aparatos terminales a controlar cambiando las características del entorno (encendido/apagado, apertura/cierre, subida/bajada, etc.).
- **Soportes de comunicación:** Es la estructura de comunicación que usa el sistema para comunicarse (BUS de comunicación) entre los distintos dispositivos, ya sea por una red propia, o por redes de otros sistemas (red eléctrica, telefónica o de datos), también puede comunicación inalámbrica.

- **Interfaz:** La interfaz son los dispositivos (pantallas, móvil, Internet, interruptores) en que se muestra la información del sistema para los usuarios y donde ellos mismos pueden interactuar con el sistema.

2.2.1 TIPOS DE ARQUITECTURA

La forma en la que los dispositivos de un sistema se deben ubicar está definida por el tipo de arquitectura que utilizan.

- **Arquitectura Centralizada (Figura 2.2):** Este sistema está organizado de tal forma que el controlador sea el “eje central” del sistema, recibiendo la información de los sensores, analizándola, y enviando una orden a los actuadores, según la configuración, programación o la información que reciba por parte del usuario.

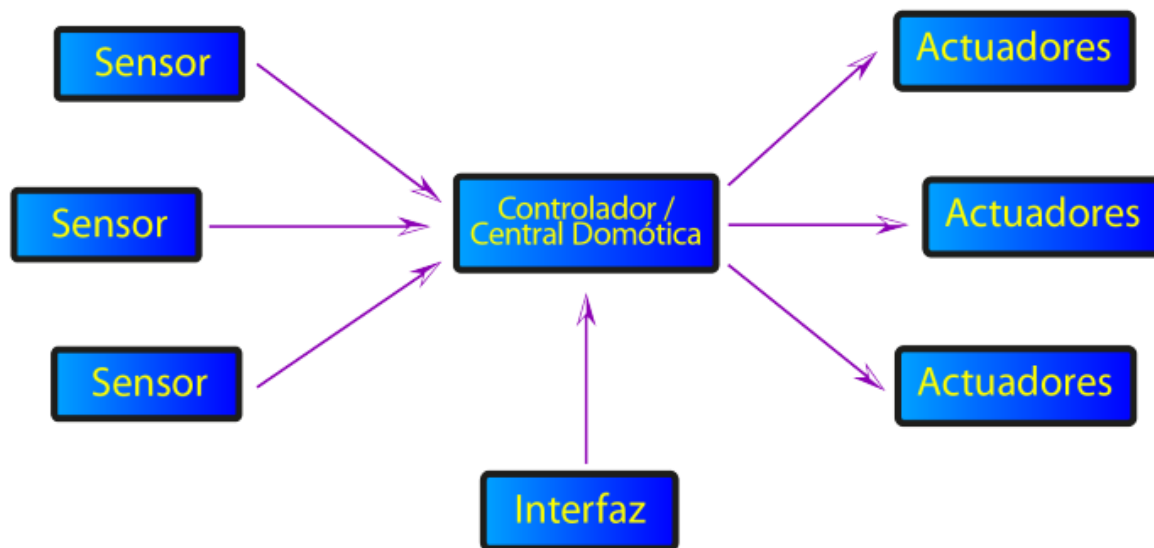


Figura 2.2 Arquitectura Centralizada

- **Arquitectura Descentralizada (Figura 2.3):** En este sistema descentralizado existen varios controladores conectados a sensores y actuadores, quienes a su vez están interconectados por medio de un bus de datos.

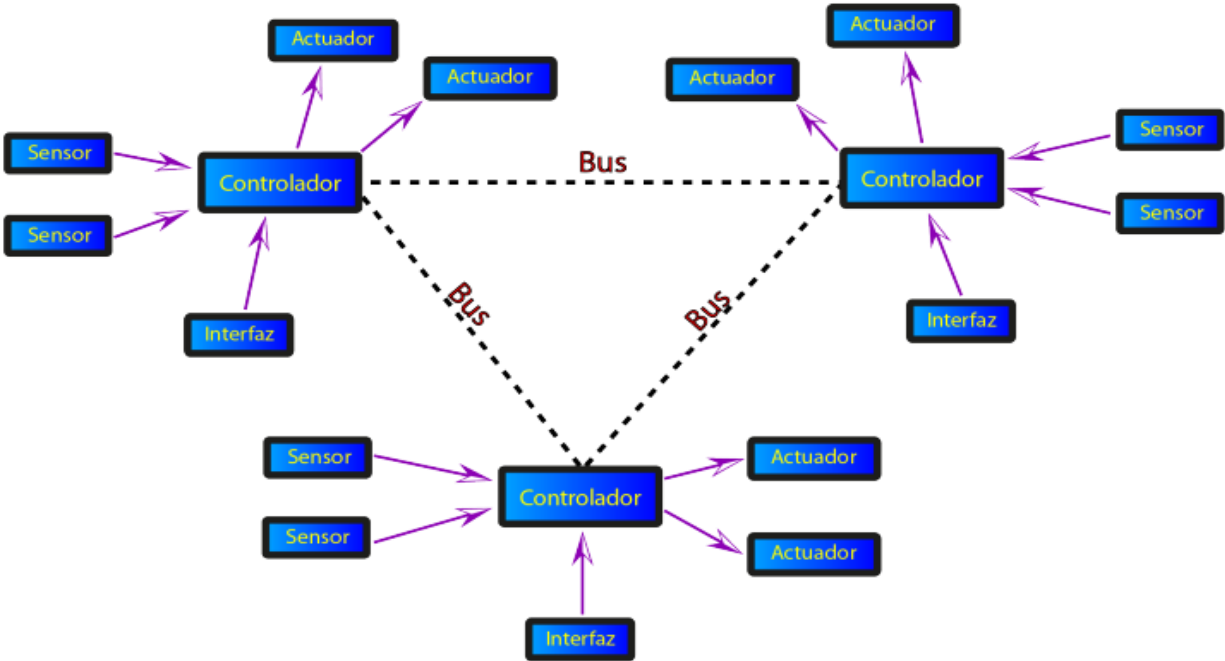


Figura 2.3 Arquitectura Descentralizada

- **Arquitectura Distribuida (Figura 2.4):** Se caracteriza por tener sensores y actuadores que a su vez son controladores, capaces de analizar y enviar al sistema la información que capta por sí mismos y la que recibe de los demás dispositivos según la configuración del programa. El objetivo de esta arquitectura es mejorar las dos anteriores en donde no existe uno, sino varios elementos de control conectados a un bus de comunicación central.

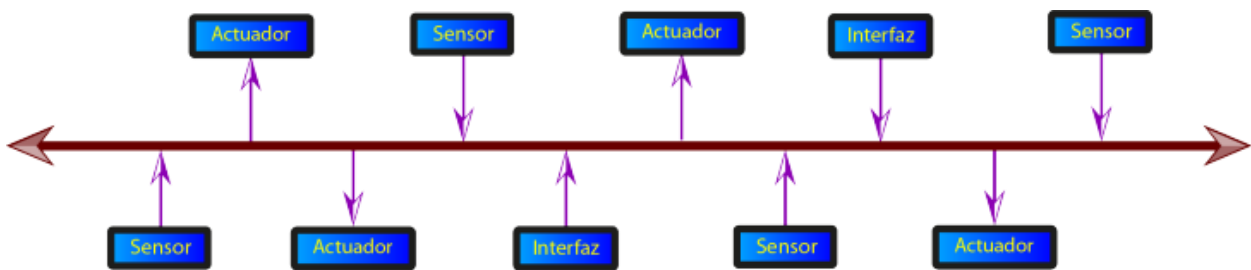


Figura 2.4 Arquitectura Distribuida

- **Arquitectura Mixta (Figura 2.5):** En un sistema basado en este tipo de arquitectura se combinan las arquitecturas de los sistemas distribuidos, centralizados o descentralizados. Por lo que puede disponer de un controlador central o varios controladores descentralizados. Los dispositivos de interfaces, sensores y actuadores pueden también ser controladores y procesar la información (que captan ellos mismos o de otro sensor) según la configuración de su programa y pueden actuar de acuerdo a ella, como por ejemplo, enviándola a otros dispositivos de la red, sin que necesariamente pase por un controlador.

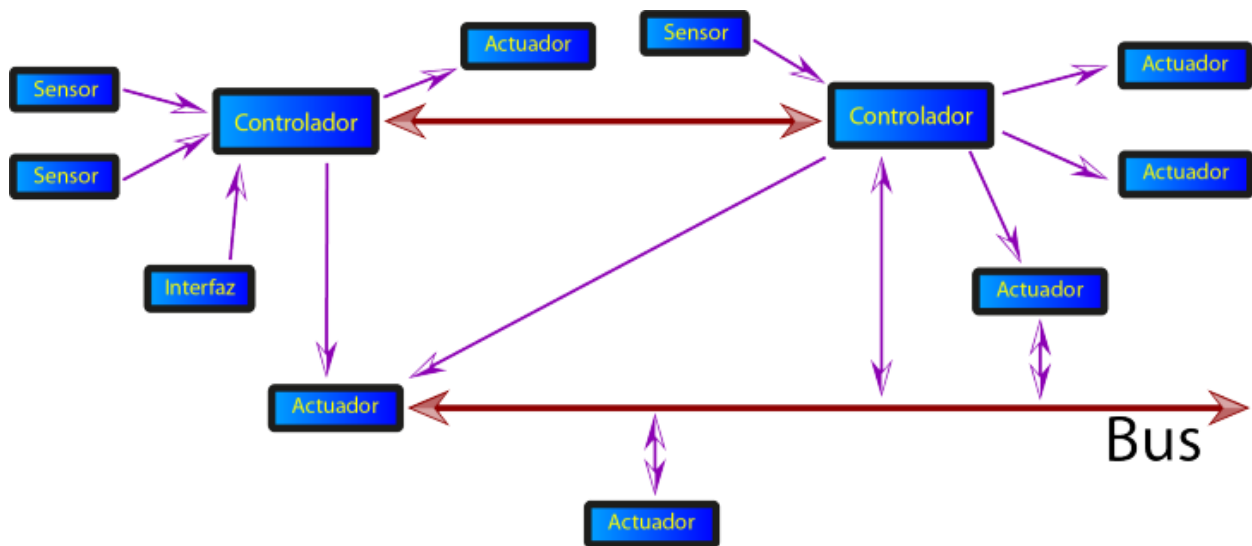


Figura 2.5 Arquitectura Mixta

2.2.2 TOPOLOGÍAS DE RED

El termino topología se refiere a la forma en que una red está diseñada, ya sea físicamente (según algunas características de su hardware), o bien lógicamente (basándose en su software) y que definen la ubicación física de los elementos del sistema con respecto al cableado o medio de comunicación. Para instalaciones domóticas se utilizan frecuentemente las siguientes topologías:

- **Topología en estrella:** Cada dispositivo tiene solamente un enlace “punto a multipunto” conectado con el controlador central. Los dispositivos no están directamente enlazados entre sí. Conexión utilizada típicamente por los sistemas centralizados donde existe un único controlador sobre el que pasa toda la información. Figura 2.6 a
- **Topología en anillo:** Cada dispositivo tiene una línea de conexión “punto a punto” con los dos dispositivos que están a sus lados solamente. La señal pasa a lo largo del anillo en una dirección, o de dispositivo a dispositivo, hasta que alcanza su destino. Figura 2.6 b
- **Topología en Bus:** Los elementos comparten la misma línea de comunicación de conexión “multipunto” y cada elemento se identifica con una dirección única permitiendo la comunicación. Figura 2.6 c
- **Topología en árbol:** Es una topología mixta, mezclando características de una topología en estrella y en bus estableciendo jerarquías en los elementos de la red. Figura 2.6 d
- **Topología en malla:** En este tipo Cada dispositivo tiene un enlace “punto a punto” y dedicado solo a los puntos con los que se conecta. Conexión utilizada típicamente por los sistemas distribuidos en donde todos los dispositivos están intercomunicados entre sí. Figura 2.6 e

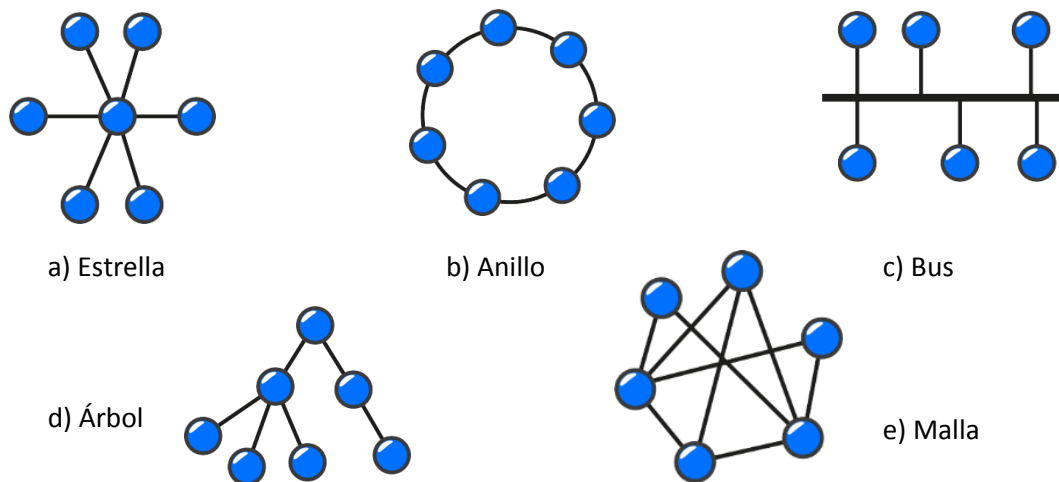


Figura 2.6 Tipos de Topologías de red

2.2.3 MEDIOS DE TRANSMISIÓN O BUS

Los medios de transmisión de la información, entre los distintos dispositivos de los sistemas de domótica pueden ser de varios tipos. Los principales medios de transmisión son:

- **Cableado Compartido:** Se utilizan cables compartidos con redes existentes para la transmisión de la información, por ejemplo la red eléctrica, la red telefónica o la red de datos (internet).
- **Cableado Propio:** La transmisión por un cableado propio es el medio más común para los sistemas de domótica, principalmente son del tipo: par apantallado, par trenzado, coaxial o fibra óptica.
- **Inalámbrica:** Muchos sistemas de domótica utilizan soluciones de transmisión inalámbrica entre los distintos dispositivos, principalmente tecnologías de radiofrecuencia o infrarrojo.

2.2.4 PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN

Otro de los aspectos importantes de la domótica son los protocolos de comunicación. Dicho protocolo será el medio por el cual todos los elementos del sistema deben comunicarse. Dentro de los protocolos de comunicación se tiene la siguiente división:

- **Protocolos estándar:** Abiertos a terceras personas y respaldados por alguna organización. Utilizados ampliamente por diferentes empresas que fabrican productos que son compatibles entre sí.
- **Protocolos propietarios:** Desarrollados por una empresa y los cuales únicamente pueden comunicarse con los productos fabricados por la misma empresa.

2.2.5 FUENTES DE ALIMENTACIÓN

Una parte fundamental de un sistema domótico es la fuente de alimentación que suministrara la energía necesaria para su funcionamiento, puesto que la corriente y voltaje que proporciona la línea comercial no suele ser la adecuada, puede haber una fuente de alimentación general o varias distribuidas con los componentes del sistema.

Las fuentes de alimentación para dispositivos electrónicos, pueden clasificarse básicamente como lineales y conmutadas. Las lineales tienen un diseño relativamente simple, que puede llegar a ser más complejo cuanto mayor es la corriente que deben suministrar, sin embargo su regulación de tensión es poco eficiente debido al uso de un transformador. Una fuente conmutada, de la misma potencia que una lineal, será más pequeña y normalmente más eficiente pero será más compleja y por tanto más susceptible a averías sin mencionar que su costo es más elevado.

La elección del uso de una fuente de alimentación conmutada, o una fuente lineal en un diseño en particular está basada según las necesidades de la aplicación. Ambos tipos de fuentes de alimentación tienen sus ventajas y desventajas.

Las fuentes lineales se componen de 4 etapas:

- **Transformador:** El voltaje de la línea doméstica se reduce de 127 Volts a un voltaje menos 24v, 12v ó 5v por ejemplo. Figura 2.7

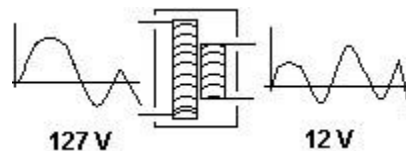


Figura 2.7

- **Rectificador:** Se transforma el voltaje de corriente alterna en voltaje de corriente directa, esto lo hace dejando pasar solo los valores positivos de la onda (se genera corriente continua), por medio de elementos electrónicos llamados diodos. Figura 2.8

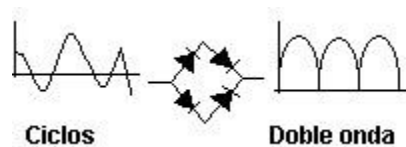


Figura 2.8

- **Filtro:** esta le da calidad a la corriente continua y suaviza el voltaje, por medio de elementos electrónicos llamados capacitores. Figura 2.9

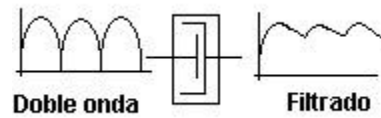


Figura 2.9

- **Regulador:** el voltaje ya suavizado se le da la forma lineal que utilizan los dispositivos. Se usa un circuito integrado especial. Esta fase es la que entrega la energía necesaria, en caso de querer regular de manera analógica se usan elementos llamados potenciómetros. Figura 2.10

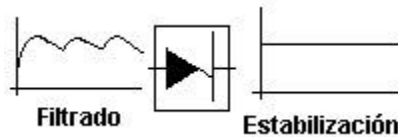


Figura 2.10

Ventajas

- La fuente lineal ofrece al diseñador tres ventajas principales:
- Simplicidad de diseño.
- Operación suave y capacidad de manejar cargas. Bajo ruido de salida y una respuesta dinámica muy rápida.
- Para potencias menores a 10W, el costo de los componentes es mucho menor que el de las fuentes conmutadas.

Desventajas

- Sólo pueden ser reductores de tensión y deberán utilizarse transformadores de línea de gran volumen, condicionando su versatilidad y practicidad.
- Cada regulador lineal puede tener sólo una salida. Por esto, para cada salida deberá incrementarse el circuito de potencia.
- Su eficiencia aplicaciones normales, los reguladores lineales tienen una eficiencia del 30 al 60%. Esto significa que por cada Watt los costos se irán incrementando.

En fuentes de alimentación conmutadas de alta frecuencia, el voltaje de entrada tiene su frecuencia aumentada antes de entrar en el transformador (50-60 kHz son valores típicos). Con el aumento de la frecuencia de la tensión de entrada, el transformador y el condensador electrolítico pueden ser muy pequeños. Este es el tipo de alimentación que se utiliza generalmente en equipos electrónicos, como reproductores de video.

La fuente conmutada recibe retroalimentación de la tensión de su salida, aumentando o disminuyendo el ciclo de trabajo de la tensión aplicada a la entrada del transformador. Así la fuente de alimentación se reajusta dependiendo del consumo del dispositivo conectado a ella. Cuando el dispositivo conectado no está consumiendo una gran cantidad de energía, el suministro se reajusta para entregar menos corriente, haciendo que el transformador y todos los demás componentes disipen menos energía, por tanto, se genera menos calor.

En la Figura 2.11 se muestra el diagrama de bloques de una fuente con el circuito PFC activo (Power Factor Correction), que es utilizado por fuentes de alimentación de gran manufactura.

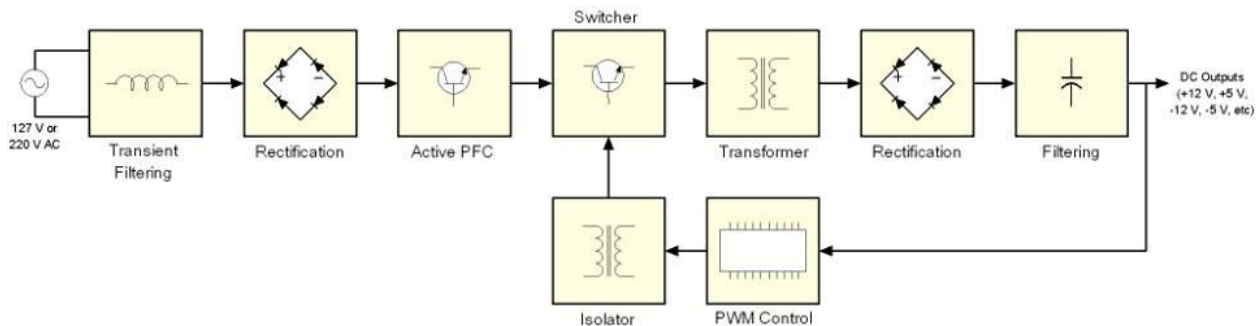


Figura 2.11 Diagrama de bloques de una fuente conmutada

Este es un diagrama muy básico. No se incluyeron los circuitos adicionales como protección contra cortocircuitos, circuito auxiliar, generador de señal power good, etc, para hacer que el diagrama sea sencillo de entender. El voltaje de entrada se rectifica antes de pasar a los transistores de conmutación, y lo que envían al transformador es de onda cuadrada, así que en la rectificación que está después del transformador, el voltaje ya es CC.

El bucle de retorno utilizado para alimentar el circuito de control PWM (Pulse Width Modulation) es el encargado de realizar toda la regulación necesaria. Si la tensión de salida es errónea, el circuito de control de PWM cambia el ciclo de trabajo de la señal aplicada a los transistores con el fin de corregir la salida.

Ventajas

- La eficiencia de las fuentes conmutadas está comprendida entre el 68 y el 90%.
- Se puede variar la relación de transformación pudiendo funcionar como reductor, elevador, o inversor de tensión con múltiples salidas.
- No es necesario el uso del transformador de línea, ya que el elemento magnético de transferencia de energía lo puede reemplazar, reduciendo el tamaño del transformador y en consecuencia de la fuente incluso el peso.

Desventajas

- Las fuentes conmutadas tienen un diseño más elaborado, por lo que el desarrollo de una fuente conmutada puede llevar varias semanas o meses dependiendo de los requerimientos.
- El ruido es mayor que el de las fuentes lineales, en la salida y entrada radia interferencia electromagnética y de radiofrecuencia. Esto puede dificultar el control. Por éste motivo se deberán agregar elementos de protección, de arranque suave, y filtros de línea adicionales como etapas previas.
- A una fuente conmutada le llevará mayor tiempo de restablecimiento al circuito para soportar variaciones de tensión en la entrada.
- Al tener un diseño más elaborado, y una gran cantidad de componentes para su correcto funcionamiento el precio en el diseño y desarrollo de una fuente conmutada se eleva considerablemente.

Clasificación

Las fuentes de alimentación tienen 2 clasificaciones:

- **Fija:** Dan a la salida un valor de tensión fijo
- **Regulable:** Los valores de tensión de salida pueden ser regulados manualmente

2.3 CARACTERÍSTICAS DE UN SISTEMA DOMÓTICO

Dentro de las principales características que debe tener una instalación domótica se encuentran las siguientes:

- ✓ Simple y fácil de utilizar. Refiere al sistema de control ya que debe ser fácil de usar para que sea aceptado por los usuarios finales, utilizando interfaces de usuario sencillas, intuitivas e interactivas.
- ✓ Flexible. Es una de las principales características ya que debe permitir modificaciones futuras, adquisición de módulos para hacer más robusta una instalación sin que se presente un costo elevado
- ✓ Modular. Deberá ser modular para evitar fallos por el uso de sistemas centralizados, que pudieran afectar toda la instalación
- ✓ Integral. Debe permitir el intercambio de información y la combinación entre todos los equipos.

2.4 ALTERNATIVAS PARA IMPLEMENTAR UNA INSTALACIÓN DOMÓTICA

Existen dos caminos para comenzar a implementar automatismos en las viviendas, y para ellos debemos identificar dos grupos:

- A) Vivienda construida
- B) Proyecto de vivienda

Cuando se tiene una construcción que está completamente terminada, se debe recopilar información del proyecto, así como plano arquitectónico, planos de instalación sanitarias, eléctricas e hidráulicas y posteriormente se comienza con el diseño del proyecto de automatización, el cual brindará la información necesaria para saber cómo y en dónde se deben colocar estos dispositivos y con ello obtener el ahorro energético, confort y seguridad buscados en la implementación de los mismos.

En el segundo camino, es mucho más libre, desde el punto de vista en que no se tiene nada construido y diseñadores, arquitectos e ingenieros están inmersos desde un principio en el proceso del diseño.



CAPÍTULO 3

ESTADO DE LA TÉCNICA

“La mejor forma de liberarse de un problema es resolverlo”

En México, existen algunas empresas dedicadas a construir edificios y casas inteligentes, o la implementación de sistemas domóticos de seguridad y gestión de servicios, sin embargo, suelen tener un costo elevado. Hay muchas firmas de arquitectos que se dedican a implementar sistemas de domótica en sus diseños por la tendencia y/o demanda de ellos, lo que vuelve muy atractivo a negocio un sistema domótico de bajo costo y buena aplicación.

Las empresas que ofrecen estos servicios pueden hacer un trabajo completo de la instalación de un sistema, pero la mayoría piden de preferencia que la casa o edificio a domotizar este en construcción, ya que les facilita la instalación de su equipo y el cableado de este.

Quienes han hecho instalaciones domóticas han recurrido a dispositivos fabricados por empresas especializadas, estos dispositivos suelen hacer de un proyecto de domótica un sistema inaccesible para muchos grupos sociales, y muchas veces estos no son compatibles con la arquitectura del lugar donde se hace la instalación. Otro factor desfavorable es que estas instalaciones utilizan un sistema de comunicación basado en cableado propio lo que provoca que la instalación sea invasiva al necesitar abrir paredes para pasar los cables, perforaciones entre otras modificaciones, generando costos extras sin contar con el deterioro de ciertas estructuras debidas a la instalación.

Anteriormente en la Facultad de Estudios Superiores Aragón se realizó un proyecto de tesis domotico¹, en el cual se desarrolló un proyecto de control de interruptores remotamente, este era un sistema poco invasivo comunicado por radiofrecuencias y era controlado por una interfaz en un programa de computadora (LabView). Sin embargo este era aún dependiente de algunos detalles para su funcionamiento como el uso de una licencia del programa en el cual se desarrolló la interfaz de usuario y la alimentación de baterías lo cual generaba un costo extra al usuario final.

En el análisis de este proyecto se encontraron varios aspectos en los que podría evolucionar para darle una proyección más adecuada, por lo que se pensó en retomar ciertos aspectos de este para el desarrollo de un nuevo producto con mayores prestaciones, compatibilidad y autonomía.

Al ser una evolución de un proyecto realizado anteriormente, se retomaron algunos aspectos principales, como lo son el tipo de arquitectura y el tipo de comunicación del sistema.

¹Díaz Pérez Daniel – Aplicación de un sistema domótico poco invasivo para una casa habitación

El tipo de arquitectura para el desarrollo del proyecto es una arquitectura centralizada, ya que parte del objetivo que el usuario pueda controlar la o las luminarias desde un sistema de control único.

La comunicación del sistema, como se dijo anteriormente, también será retomada ya que provee de una gran ventaja indispensable para el desarrollo del nuevo proyecto, que se atribuye a una instalación poco invasiva, sin embargo habrá que contemplar algunas mejoras para darle una mayor proyección a nuestro sistema.

Es importante que para el desarrollo del proyecto domótico haya una selección adecuada de los componentes para cumplir con las necesidades previstas, por tanto es necesario tener bien identificada cada una de las etapas de nuestro sistema y descomponerla en sus funciones, para así valorar todas las variantes que podría tener según los componentes que existen en el mercado para desarrollar dicho sistema.

El proyecto domótico se comprende de las siguientes partes:

- Controlador
- Comunicación (Bus)
- Actuador
- Interfaz de usuario
- Luminaria(as) a controlar (Tipo de iluminación)

3.1 CONTROLADOR

Para la parte de control de nuestro sistema se idealizó un controlador pequeño capaz de cumplir con su cometido, y que tenga buenas prestaciones, manejabilidad y sea compatible con las demás partes de nuestro sistema, por lo que se pensó en un micro controlador. Hoy en día en el mercado existen un sinnúmero de micro controladores capaces de cumplir con las tareas que nosotros requerimos, sin embargo entre toda esa gama se eligieron para su estudio dos micro controladores en específico, predispuestos por su fácil programación y su costo relativamente bajo.

Uno de ellos es el microchip Atmega 328 de la marca ATMEL, con el que se trabaja en la placa de prototipos conocida como Arduino. Por otra parte tenemos un PIC 18f2550 de MICROCHIP que cuenta con características y prestaciones similares al micro controlador de ATMEL.

➤ **Micro controlador PIC**

Aunque se enuncio un micro controlador en específico, se puede hacer uso de algún otro PIC de igual o mayor prestaciones para cumplir con el propósito de nuestro proyecto, ya que al ser desarrollados por la misma empresa cuentan con similitudes en cuanto su uso, lo único que cambia son los componentes internos (Memoria y velocidad de procesamiento por mencionar algunos). Se pensó en este tipo de controladores como una alternativa por la sencillez de su uso y programación, además de contar con una gran popularidad en el mercado de micro controladores. Una de las ventajas significativas es que posee una gran cantidad de información y documentación tanto en foros, como libros.

Para la programación de estos controladores (Como se mencionó anteriormente), se cuenta con una gran documentación de apoyo por lo que es no se puede salir fácilmente de algún estancamiento o problema en cuanto su programación se refiere. El software IDE (Entorno de Desarrollo Integrado) más común con el cual podemos desarrollar el código de programación, compilarlo, simularlo y “debuggearlo” es MPLAB, el cual es de acceso libre y podemos descargarlo directamente desde la página de MICROCHIP. Las ventajas que nos ofrece este software es que podemos programar los PIC ya sea con lenguaje ensamblador (ASM) o en lenguaje C.

La única desventaja de los PIC que presenta para nuestro sistema, es que requieren de un grabador especial para que se pueda escribir el programa en el micro controlador, el cual suele tener un costo relativamente alto respecto al precio del propio PIC.

➤ **ARDUINO**

Arduino se basa en las plataformas denominadas Open-Hardware y Open-Source, y que reúne en una pequeña placa de circuito impreso (PCB) los componentes necesarios para conectar con el mundo exterior y hacer funcionar un micro controlador Atmega. Actualmente hay varios modelos de sistemas Arduino que van cambiando de micro controlador, siendo los primeros el Atmega8 y el Atmega168. Al ser Open-Hardware y Open-Source, tanto su diseño, distribución y el entorno de desarrollo para su programación (IDE) son libres. Es decir, puede utilizarse sin inconvenientes para desarrollar cualquier tipo de proyecto sin tener que adquirir ningún tipo de licencia.

El hardware consiste en una placa con un micro controlador Atmel y puertos de entrada/salida. Los micro controladores más usados son el Atmega168, Atmega328,

Atmega1280, ATmega8 por su sencillez y bajo coste que permiten el desarrollo de múltiples diseños de proyectos electrónicos.

Por otro lado el entorno de programación de Arduino, es de código abierto y está basado en el lenguaje de programación Processing (Que es básicamente C++) conjuntamente con una biblioteca Wiring (una especie de sistema operativo muy pequeño, que exporta las funciones para el control del hardware: entradas y salidas analógicas y digitales, temporización, interrupciones, manejo del puerto serie, etc.), lo que resulta en un manejo fácil y sencillo en cuanto su programación y lo suficientemente flexible para integrarse con muchos dispositivos externos, como sensores, motores, servomotores etc.

Como el hardware y el software son libres, alrededor de Arduino se ha creado una vasta comunidad de desarrolladores que permiten el libre intercambio de experiencias, códigos, diseños y proyectos, los cuales incluso señalan que se puede realizar una placa de circuito impreso (PCB) propia o “casera” añadiendo puntos a su favor para que se decida usarlo en nuestro proyecto domótico, al darle la versatilidad y el bajo coste que buscamos para el diseño del controlador de nuestro sistema.

3.2 INTERFAZ DE USUARIO

Para el desarrollo de la interfaz de usuario hay una gran gama de posibilidades, desde paneles de control, hasta aplicaciones en un computador según los diferentes tipos de programas existentes en los que se podía personalizar alguna interfaz (LabView, Visual Basic, Visual Studio, NetBeans, por mencionar algunos).

Aunque existe una gran variedad de posibilidades para realizar la interfaz de usuario, se tomaba en cuenta fuertemente el punto de innovación, uno de los aspectos importantes en los requerimientos del sistema; por lo que en una propuesta atinada en conjunto con el M. en I. Humberto Mancilla Alonso se optó por estudiar el desarrollo de una interfaz creada para uno de los sistemas operativos de gran apogeo y que puntan en la actualidad en cuanto a tecnología se refiere: Android.

Android es uno de los sistemas operativos diseñado principalmente para dispositivos móviles con pantalla táctil (Smartphones y tablets), aunque en la actualidad se trabaja

en la integración de más gadgets con este sistema operativo como lo son relojes, televisores y sistemas de entretenimiento para automóviles.

En un principio Android inc. Fue respaldado económicamente por google quien tiempo después en 2005 compró los derechos de la empresa catapultándola para situarse en los primeros puestos de la “guerra” de sistemas operativos para dispositivos móviles, en los que participan varias empresas reconocidas (Apple, Nokia, Windows, Firefox entre otras).

Android es un sistema operativo basado en el Kernel de Linux por lo que tiene una ventaja significativa en comparativa a sus contrincantes, ya que se desarrolla de forma abierta (Open Source) se puede ver el código fuente y modificarlo bajo ciertas condiciones de usuario lo que lo convierte en un sistema completamente personalizable; esta flexibilidad de software nos beneficia ya que se pueden crear aplicaciones sin algún costo adicional, con las características y necesidades que nosotros requerimos.

El gran apogeo de este sistema operativo en los dispositivos móviles nos interesó como herramienta para el desarrollo del proyecto domótico, ya que en la actualidad la mayoría de los usuarios que cuentan con un dispositivo móvil como lo son teléfonos celulares y tablets, usan este sistema operativo.

Teniendo en mente el auge de los dispositivos inteligentes, es fácil suponer que desarrollar una interfaz para este sistema operativo nos será de gran utilidad ya que en teoría la interfaz puede estar presente en cualquier dispositivo que cuente con Android, esto es un punto a favor en la innovación y en la accesibilidad que le aporta al proyecto.

Las aplicaciones creadas para el sistema operativo de Android habitualmente se desarrollan en lenguaje Java aunque no es el único lenguaje en el que se pueden desarrollar dichas aplicaciones, para esto existen diversos entornos de programación que podemos utilizar para realizar nuestras aplicaciones, los más utilizados son:

➤ **Eclipse**

Eclipse es un IDE multiplataforma que cuenta con una serie de herramientas que se deben instalar manualmente para poder trabajar en aplicaciones específicas para Android OS, esta IDE tiene una gran trayectoria y es bastante estable para la programación y simulación de aplicaciones para el sistema operativo de Android, sin embargo aunque cuente con un gran número de actualizaciones, mejoras y una

extensa documentación de apoyo, desde su lanzamiento hasta ahora no ha sido un entorno de desarrollo “Oficial” para Android.

A pesar de que el IDE de Eclipse cuente con una gran popularidad entre los usuarios por su extensa trayectoria, no es la única herramienta de desarrollo que existe. Por su parte Google, quien es dueño y co-creador de Android OS, dio acceso al público a un par de IDE’S específicos para trabajar en aplicaciones destinadas a Android OS.

➤ **Android Studio**

Este IDE es gratuito y es proporcionado y respaldado por google, está basado en los softwares JetBrains e IntelliJ IDEA que usan el lenguaje Java para su desarrollo de aplicaciones y fue diseñado específicamente para la plataforma Android, aunque su entorno de desarrollo es muy similar a eclipse, no cuenta con una vasta documentación para su uso al ser un IDE prácticamente nuevo, a pesar de contar con actualizaciones periódicamente, aun suele ser un tanto inestable en su funcionamiento.

➤ **App Inventor**

Por otro lado App Inventor es un entorno de desarrollo creado inicialmente por Google Labs, que utiliza la librería Open Blocks de Java distribuidas por el MIT (Instituto Tecnológico de Massachusetts) para crear un lenguaje visual a partir de bloques, además de un compilador que traduce el lenguaje visual de los bloques a lenguaje de programación Kawa para la aplicación en Android. Este IDE fue puesto a disposición del público en julio del 2010 y con las actualizaciones a partir del 2012 se le considero como una versión completamente estable. Actualmente App inventor es mantenido y actualizado por el propio MIT.

3.3 BUS DE COMUNICACIÓN

En la actualidad existen un gran número de medios de transmisión con las cuales podemos comunicar los diferentes dispositivos en un sistema domótico. A rasgos muy generales existen “buses” de comunicación alámbricos e inalámbricos, de los cuales de cada uno se desprenden una serie de distintos tipos y protocolos.

En los propósitos generales que abarca nuestro proyecto está el tener un medio de comunicación que tenga la suficiente flexibilidad para ser compatible con todos los dispositivos de nuestro sistema y sea el más eficiente. Un objetivo puntual de este proyecto es desarrollar un sistema que de bajo costo además de ser poco o nada invasivo; retomando estos aspectos y teniendo en mente que parcialmente sería una evolución a un proyecto domótico anterior se optó por implementar los sistemas de comunicación inalámbricos.

Dentro de las comunicaciones inalámbricas o wireless (Sin cables) existen diversos dispositivos con sus respectivos protocolos de comunicación, la diferencia general que existe entre los diferentes dispositivos es la modulación de las ondas de radiofrecuencia con las que trabajan, de esto se desprende la potencia de transmisión que tiene una relación directa a su consumo energético; cada dispositivo al tener su propio protocolo de comunicación evita a generar interferencia entre los distintos aparatos que puedan llegar a trabajar en la misma modulación de radiofrecuencia y estén dentro de su alcance.

➤ **Bluetooth**

Es una especificación industrial para redes inalámbricas de área personal (WPAN) que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace de radiofrecuencia, este opera en las frecuencias de radio de 2.4 a 2.48 GHz y con tasas de transferencia que van desde los 90 KB/s (Kilo bytes/segundo) hasta los 3 MB/s (Mega bytes/segundo) en su última versión que es la 4.0. Los dispositivos bluetooth comúnmente tienen un rango de operación óptimo que abarca los 10 metros; existen dispositivos con mayores prestaciones y un mayor rango de operación que puede cubrir hasta los 100 m de distancia, sin embargo esto implica un mayor costo de los dispositivos y un consumo mucho más elevado respecto a los tradicionales.

El bluetooth se utiliza principalmente en un gran número de productos tales como teléfonos, impresoras, módems y auriculares entre otros. Su uso es adecuado cuando puede haber dos o más dispositivos en un área reducida sin grandes necesidades de ancho de banda. Su uso más común está integrado en teléfonos, tabletas electrónicas y computadoras, y se usa comúnmente en transferencia de ficheros y/o música a través de auriculares inalámbricos por ejemplo. Además se puede realizar y confeccionar enlaces o vincular distintos dispositivos entre sí.

➤ XBee

Es un módulo de comunicación inalámbrico de radiofrecuencia con un protocolo de comunicación Zig-Bee, en el cual las comunicaciones se realizan en la banda de radiofrecuencia de 2.4 GHz. Con este módulo se pueden alcanzar distancias de comunicación desde los 100 m. en línea de visión y 30 m. en interiores en para la serie 1 y hasta 10 Km. en línea de visión en las versiones Pro. Este dispositivo tiene un bajo consumo (hasta 50 mA cuando están en funcionamiento), además cuenta con un puerto serial para la comunicación entre microcontroladores y 9 entradas/salidas con entradas analógicas y digitales.

Los módulos Xbee pueden ser configurados desde el PC o bien desde un microcontrolador por medio de placas adaptadoras que se consiguen de manera separada según como se requieran.

➤ Modulo RF 433 MHz

Los módulos de Radio frecuencia 433 MHz funcionan como un enlace de datos simplex, es decir, solamente transmiten información en un solo sentido. Aun así resultan extremadamente útiles en aplicaciones sencillas que no requieren una comunicación bidireccional. Se conecta fácilmente a cualquier microcontrolador o circuitos codificadores/decodificadores, permitiéndonos tener un enlace de RF funcional en muy poco tiempo. Como su nombre lo indica trabajan con frecuencia modulada en 433 MHz y son de bajo consumo; su rango operacional es de 50m en línea vista y depende directamente de su alimentación 3v a 12v (máximo alcance a 12v).

3.4 ACTUADOR

En definición un actuador es un dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto o cambio de estado sobre un proceso automatizado. Este recibe la orden de un regulador o controlador y en función a ella genera la orden para activar un elemento final de control.

Los actuadores se clasifican en:

➤ **Según el tipo de señal de salida**

- **Actuador TODO/NADA:** Encendido o apagado total de los dispositivos dependientes a este.
- **Actuador Analógico:** Dan como resultado un valor de tensión o corriente variable de forma continua.
- **Actuador Digital:** Dan como resultado una señal en forma de un valor digital.

➤ **Según su tipo**

- Neumáticos
- Electrónicos
- Hidráulicos
- Eléctricos

En el caso particular de un sistema domótico se usa principalmente los actuadores electrónicos que están basados como su nombre lo indica en mecanismos electrónicos para su funcionamiento. Existen actuadores electrónicos que consumen una considerable cantidad de energía, para este tipo de casos se utilizan drivers. Los actuadores eléctricos-electrónicos son utilizados en diferentes aparatos mecatrónicos, como pueden ser robots. Algunas aplicaciones que se le puede dar a los actuadores dentro de la domótica es el de manipular el encendido o apagado de los dispositivos dependientes a este, como lo son LEDs, motores, electroválvulas, relés entre otros e incluso pueden tener un control graduado en la señal o alimentación de los dispositivos que maneja, por ejemplo para sistemas de iluminación, calefacción y refrigeración, que necesitan de un uso graduado según sea la necesidad.

En el mercado existen actuadores para domótica y son dispositivos que pueden ser utilizados de manera independiente o pueden estar integrados a un propio sistema domótico, esto dependerá de la tecnología a utilizar, arquitectura del lugar donde se utilizaran y por supuesto costo y marca.

3.5 LUMINARIAS Y TIPOS DE ILUMINACIÓN

Una luminaria representa en si un completo sistema de iluminación, consiste en un cuerpo o caja portalámparas, lámparas y el sistema óptico que está compuesto por un reflector, y según sea el caso espejos y/o difusores para controlar la cantidad de luz que sale de ellas.

Las luminarias se clasifican básicamente en seis grupos según la forma en la que distribuyen la luz. (Figura 3.1)

1. **Luminarias Directas:** Donde toda la luz es dirigida hacia abajo.
2. **Luminarias semi-directas:** Donde la mayoría de la luces dirigida hacia abajo.
3. **Luminaria general difusa:** Donde la luz se distribuye en todas las direcciones.
4. **Luminaria directa-indirecta:** Donde la luz es distribuida en el mismo porcentaje tanto hacia arriba como hacia abajo.
5. **Luminarias semi-indirectas:** Donde la mayoría de la luz es dirigida hacia arriba.
6. **Luminarias indirectas:** Donde la luz es dirigida completamente hacia arriba.

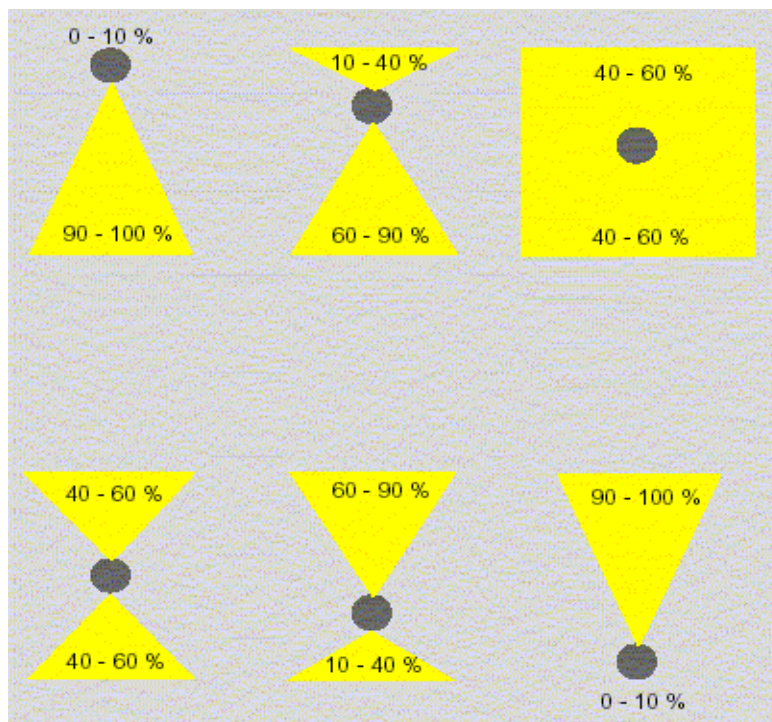


Figura 3.1 Clasificación de Luminarias

El campo de la iluminación ha evolucionado rápidamente en los últimos años. La necesidad de fuentes más económicas y de procurar el ahorro de energía ha provocado un incremento en el número de opciones existentes. Dependiendo de la aplicación o necesidad que usted tenga existe un luminario con las características óptimas para satisfacerla.

Entre los diversos tipos de luminaria en el mercado se encuentran:

- **HID (High Intensity Discharge):** Se utiliza comúnmente para iluminación exterior como lo son proyectores, Wall packs, alumbrado público y para estacionamientos. En iluminación de naves industriales su aplicación ideal es cuando las áreas a iluminar son de muy alta temperatura y muy sucias, como lo son las áreas de fundición, soldadura, etc. Figura 3.2



Figura 3.2 Lámparas HID

- **Fluorescente:** Las luminarias fluorescentes se utilizan comúnmente en aplicaciones comerciales, oficinas, comercios, etc. y está entrando bastante fuerte en aplicaciones de alto montaje, como naves industriales y bodegas, ya que es una fuente confiable en cuanto a calidad de luz y vida útil, además tienen un considerable ahorro de energía contra las luminarias de HID. Figura 3.3



Figura 3.3 Luminarias de luz fluorescente

- **Inducción:** Las lámparas de inducción es un tipo de tecnología que a pesar de tener varios años de existencia no se había comercializado y aprovechado al máximo. Su principal característica es su larga vida (como la lámpara no genera un arco eléctrico).La vida que tiene es alrededor de 100,000 hrs (10 años) y sus aplicaciones más comunes son para vialidades y para naves industriales. Figura 3.4



Figura 3.4 Luminarias de inducción

- **LED:** Este tipo de iluminación se utiliza comúnmente como iluminación de acento y decorativa ya que nos da una excelente gama de colores. Las nuevas generaciones de LED ya se están utilizando para proyectos de ahorro de energía en todo tipo de aplicaciones como los son: oficinas, vialidades e industriales. Ese tipo de tecnología nos provee un mayor ahorro en energía que las Fluorescentes y HID. Figura 3.5



Figura 3.5 Luminarias de luz LED

3.6 REQUERIMIENTOS Y ESPECIFICACIONES

El diseño de un sistema de control de iluminación permite gestionar eficientemente la energía consumida por las luminarias en el transcurso del día, al proporcionar al usuario controlar las luminarias del hogar, además de la posibilidad de establecer horarios para el encendido y apagado automático de las mismas, evitando que las luminarias se encuentren prendidas fuera de los horarios de uso o cuando no se les requiere; la inclusión de un control moderno es lo que garantiza el confort al usuario.

Se requiere de un sistema de iluminación que cumpla con los siguientes requerimientos principales:

- Fácil de usar: Que el usuario tenga la menor intervención posible entre la comunicación de los dispositivos y tenga un manejo fácil.
- Fácil control: Que tenga una interfaz sencilla e intuitiva que además le de autonomía al sistema según lo requiera el usuario.
- Fácil instalación: Que el sistema cuente con un sistema de comunicación apto de una instalación no especializada y poco o nada invasiva.
- Innovación: Que el sistema cuente con productos de las nuevas tendencias tecnológicas en cuanto control e iluminación.
- Impacto económico: Que el su desarrollo/producción sea de bajo costo para ser más asequible a los rubros sociales.
- Ahorro energético: Que el sistema sea de bajo consumo y contribuya con el ahorro energético.

Para el desarrollo del proyecto de la luminaria domótica a se siguió la siguiente metodología. Véase figura 3.6

Metodología

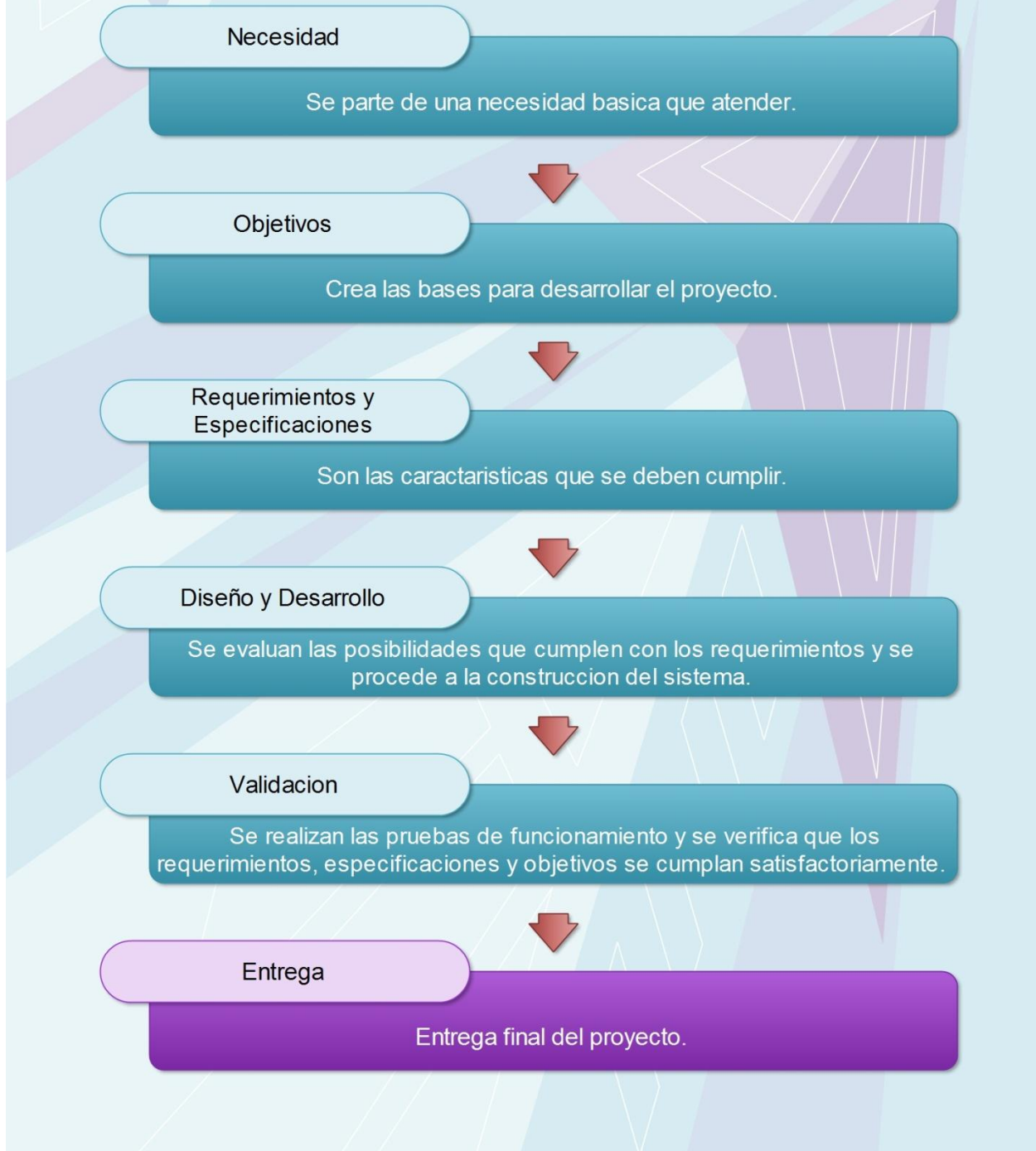


Figura 3.6 Metodología

3.7 PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Una vez evaluadas las distintas opciones que hay para poder desarrollar cada una de las partes del proyecto domótico, se seleccionó la que se creyó la mejor opción para realizar nuestro sistema, basándonos en que cumplieran con los requerimientos y especificaciones de dicho proyecto, así como sus ventajas y desventajas de cada dispositivo y/o elemento que se comprende dentro de las alternativas idealizadas.

Los elementos seleccionados en cada una de las partes del proyecto domótico son los siguientes:

- **Control:** Para el controlador central se propone el uso de la tarjeta electrónica Arduino por sus facilidades en cuanto programación y uso, además de la fácil integración de periféricos externos que nos serán útiles, sin mencionar que ya se cuenta con una tarjeta Arduino UNO, lo que nos reducirá el tiempo y los costos de realización del proyecto. Por otra parte su microcontrolador puede ser adaptado a una placa PCB de producción “casera” con muy pocos componentes para su utilización y funcionamiento.
- **Bus de comunicación:** Ya que la interfaz de usuario será manipulada a través de un dispositivo móvil y estos cuentan con un módulo bluetooth para transferencia de datos y/o ficheros, se propone el uso de la comunicación bluetooth, que nos permitirá comunicarnos fácilmente desde la interfaz hacia el controlador de nuestro sistema. Sin embargo, implementar este tipo de comunicación entre el controlador y los actuadores nos será menos conveniente por su reducido rango de trabajo (10 m), además de que cada componente actuador elevaría su costo al integrar módulos bluetooth y microcontroladores para su manejo, por lo que se pensó en la integración de otro dispositivo más sencillo de operar y mejores prestaciones de comunicación. En esta parte del sistema se propuso usar módulos RF 433 MHz, ya que su utilización es sencilla y su rango de trabajo es mucho mayor que el bluetooth, además, se puede reemplazar los microcontroladores por circuitos integrados (codificador y decodificador) para interpretar los datos de accionamiento que se envían desde el controlador central al actuador, con la ventaja de tener un menor costo. Los módulos Xbee fueron descartados, ya que sin duda tienen mejores prestaciones pero, su costo es muy elevado al ser producto nuevo en el mercado.

- **Actuador:** El funcionamiento de los actuadores se compone primordialmente de dos partes, la señal de entrada y la señal de salida; el modo de operación depende del tipo de actuador que se esté usando, ya que algunos tienen que procesar la señal de entrada para dar una señal de salida según su tipo de configuración y/o programación, otros simplemente tienen un funcionamiento de saturación-acción. Los dispositivos actuadores van de la mano con una etapa de potencia de la señal de salida que depende de lo que se esté manipulando. La configuración del actuador varía según el tipo de comunicación que se use en el sistema domótico, por lo que tiene que existir una compatibilidad entre el controlador, el bus de comunicación y el propio actuador. Ya que se piensa usar los módulos RF 433MHz como medio de comunicación entre el controlador y el actuador, es importante que el controlador central esté ligado a un transmisor de radiofrecuencia para enviar la señal de accionamiento hacia el actuador; para que esto suceda, se necesita que dicha señal sea codificada para así ser transmitida por radiofrecuencia. El actuador por su parte estará compuesto de un módulo receptor RF y un decodificador que permita traducir la señal que se envió desde el controlador central.

- **Interfaz de usuario:** Para la interfaz de usuario, se consideró usar el IDE de Android Studio, por lo que es un entorno completamente dedicado al desarrollo de aplicaciones para Android, además de pertenecer por igual a google y contar con soporte y sus respectivas licencias de opciones de desarrollo, sin embargo, debido a la escases de información y la dificultad para implementar los protocolos de comunicación bluetooth para la aplicación, se optó por el IDE de App Inventor que por igual es específica para Android. Las ventajas de usar este entorno radican en que el sistema es mucho más estable al contar con una mayor trayectoria y la relativa sencillez de su programación además la fácil integración de los protocolos de comunicación bluetooth que la aplicación necesita para comunicarse con el controlador central de nuestro proyecto.

- **Luminaria(as) a controlar:** Debido a que el proyecto domótico debe cumplir con las especificaciones y propósitos mencionados en los objetivos, se planteó fuertemente en la utilización de la iluminación LED, ya que aporta el toque de innovación que se necesita y contribuye aún más con el ahorro energético al ser el tipo iluminación más eficiente que tenemos en la actualidad. Para el uso de la tecnología LED en la iluminación se necesita de una fuente de poder capaz

proveer de energía a cada uno de los diodos emisores de luz, por supuesto, las capacidades de la fuente de poder dependerán de la configuración del tipo de conexión de los diodos que componen la luminaria o viceversa; ya sea que estén conectados en paralelo, serie o mixto, habrá que idealizar la configuración y diseño que más nos convenga y sean más adecuados para así tener la mejor eficiencia posible en cuanto a consumo se refiere. Existen en el mercado diversas fuentes de poder y variados tipos de estas, sin embargo se evaluó los costos que se generan al comprar una ya diseñada por algún fabricante, por lo que se propuso el diseño de una fuente propia y adecuada al diseño de la luminaria. Para la iluminación se eligieron diodos de alta luminosidad de 5mm debido a su muy reducido costo, sin embargo para cada luminaria se necesita una gran número de estos para proveer de una cantidad de luz aceptable para la aplicación que tendrá dicha luminaria. Considerando todas configuraciones de conexión de los LEDs y las cantidades de tensión y corriente con las que se puede trabajar, se llegó a la conclusión de usar una conexión de los diodos del tipo serial para trabajar en conjunto con una fuente de alimentación lineal. La configuración de conexión de los LEDs nos aporta las siguientes ventajas significativas para el desarrollo de la fuente:

- Eliminar el transformador de nivel de tensión de entrada, que causa la baja eficiencia de las fuentes lineales.
- Diseño más simple y económico de una fuente de alimentación ya que requiere de una menor cantidad de componentes.
- Trabajo con corrientes bajas lo que nos permitirá una manipulación más segura en las pruebas de su funcionamiento.

Las luminarias tendrán un diseño exterior que dependerá del espacio y lugar al que estén destinados, aunque es un proyecto domótico, se planea un diseño adecuado para ser utilizado en el laboratorio de automatización que se comprende en las instalaciones del edificio L3 de la FES Aragón, con el firme propósito de ilustrar y evaluar el funcionamiento del proyecto.



CAPÍTULO 4

PRINCIPIO DE PERACIÓN PRUEBA

“Para alcanzar algo que nunca has tenido, tendrás que hacer cosas que nunca has hecho”

4.1 BUSES DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA (RADIOFRECUENCIA)

Por definición es la técnica que permite el intercambio de información entre dos puntos geográficos distantes mediante la transmisión y recepción de ondas electromagnéticas con un rango de frecuencia 3 Hz hasta 300 GHz. En todo sistema de transmisión por radio, debe existir un transmisor y una antena asociada al mismo. El transmisor emite desde su potencia de salida a la antena, la que genera una señal hacia el exterior. El proceso contrario se da cuando una antena receptora captura señales y las deriva en un equipo capaz de extraer la información contenida en la misma. Entre ambas antenas se propagan las señales electromagnéticas.

Es importante saber que la transmisión de datos se realiza a través de la propagación de estas ondas electromagnéticas en la atmosfera, por lo que millones de ondas con diferentes tipos de datos andan circulando en el medio. Para evitar la interferencia con las diferentes ondas existentes se emplea la modulación de estas. Existe una clasificación de radiofrecuencias según su rango de transmisión, en la que las ondas de radio se dividen en diferentes bandas de frecuencia de acuerdo con sus características de propagación (Figura 4.1) Algunos ejemplos de los servicios que trabajan con las diferentes bandas de frecuencia son:

- SLF - Comunicación con submarinos
- ULF - Comunicación en minas a través de la tierra
- VLF - Radio difusión telegráfica a larga distancia
- LF - Servicio punto a punto de larga distancia, difusión de sonido
- MF - Servicios costeros para embarcaciones
- HF - Servicios de comunicaciones de aviación, radiodifusión de onda corta
- VHF - Difusión de tv y radio, comunicación marítima
- UHF - Comunicación de microondas, Bluetooth, ZigBee, GPS
- SHF - Redes inalámbricas, comunicación por satélite

DENOMINACIÓN	SIGLAS	MARGEN DE FRECUENCIAS
Frecuencias muy bajas	VLF	3 - 30 KHz
Frecuencias bajas	LF	30 - 300 KHz
Frecuencias medias	MF	300 - 3.000 KHz
Frecuencias altas	HF	3 - 30 MHz
Frecuencias muy altas	VHF	30 - 300 MHz
Frecuencias ultra altas	UHF	300 - 3.000 MHz
Frecuencias super altas	SHF	3 - 30 GHz
Frecuencias extra altas	EHF	30 - 300 GHz

Figura 4.1 Bandas de frecuencia y su margen de trabajo

Modulación de señales

La modulación de señales engloba un conjunto de técnicas que se usan para transportar información sobre una onda transportadora, típicamente una onda sinusoidal. Estas técnicas permiten un mejor aprovechamiento del canal de comunicación y posibilita transmitir más información en forma simultánea, además de mejorar la resistencia contra posibles interferencias. El propósito es el de variar una característica de una onda transportadora de acuerdo con una señal que transporta información.

Existen varios tipos de modulación de señal, las básicas o comúnmente usadas se clasifican según el tipo de información que transmiten.

- Modulación Analógica
 - Modulación de amplitud (AM o amplitud modulada)
 - Modulación de frecuencia (FM o frecuencia modulada)
 - Modulación de la fase (PM o fase modulada)
- Modulación Digital
 - Modulación por desplazamiento de amplitud (ASK, Amplitude Shift Keying)
 - Modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK, Frequency Shift Keying)
 - Modulación por desplazamiento de fase (PSK, Phase Shift Keying)
 - Modulación por desplazamiento de frecuencia gaussiana (GFSK)

En el sistema se implementaran dos protocolos distintos para su comunicación: Bluetooth y Radio Frecuencia a 433 MHz. Por lo que existen dos sistemas de transmisión, recepción y traducción de la información. Estos sistemas de comunicación a trabajan con una modulación digital del tipo ASK al transmitir señales digitales en una frecuencia y fase fija para el caso de RF 433MHz y GFSK para la comunicación bluetooth.

Modulación ASK

La modulación por desplazamiento de amplitud, en inglés Amplitude shift keying (ASK), es una forma de modulación en la cual se representan los datos digitales como variaciones de amplitud de la onda portadora en función de los datos a enviar.

La amplitud de una señal portadora análoga varía conforme a la corriente de bit (modulando la señal), manteniendo la frecuencia y la fase constante. El nivel de amplitud puede ser usado para representar los valores binarios 0 y 1. Podemos pensar en la señal modulada como un interruptor ON/OFF. En la señal modulada, el valor lógico 0 es representado por la ausencia de señal. Figura 4.2

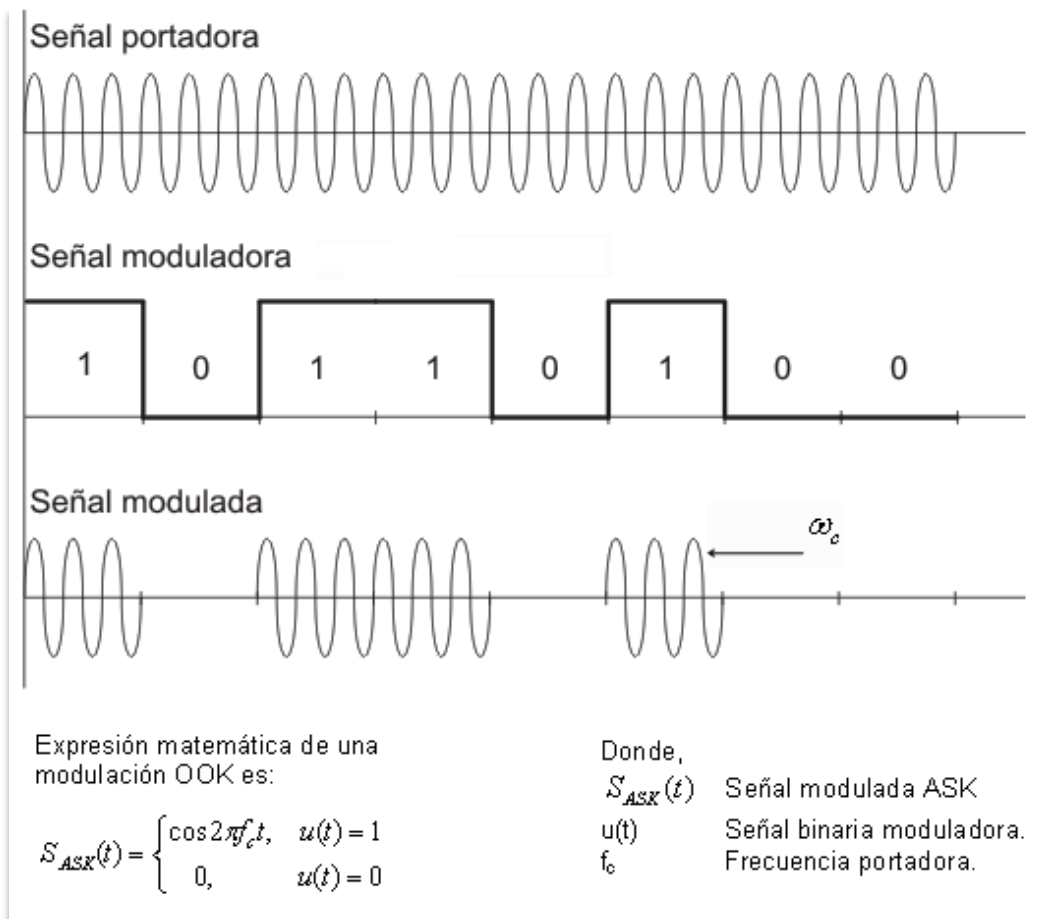


Figura 4.2 Modulación ASK

Modulación GFSK

La modulación por desplazamiento de frecuencia gaussiana, en inglés Gaussian Frequency shift keying (GFSK) y es una versión mejorada de la modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK Frequency Shift Keying) en donde la señal moduladora hay un 1 binario la frecuencia en la señal modulada aumenta (Figura 4.3).

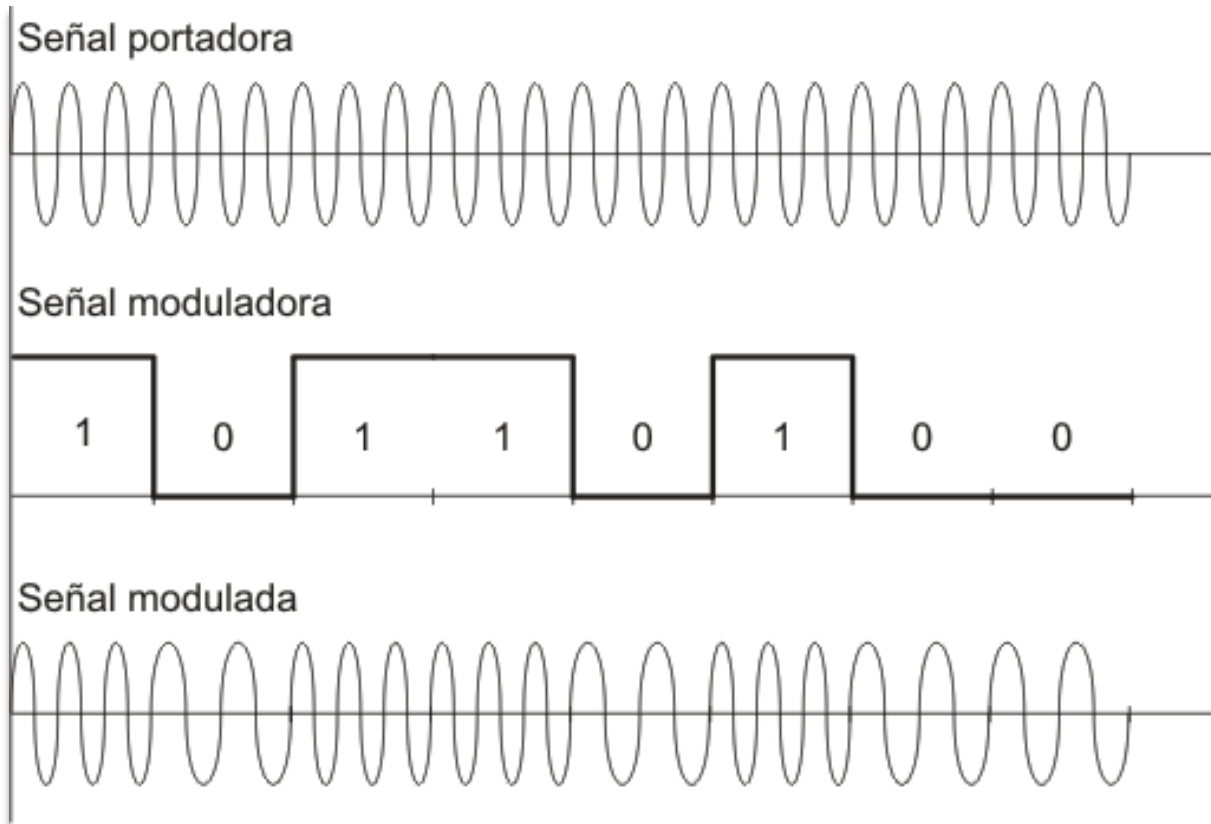


Figura 4.3 Modulación FSK

En la modulación GFSK la información es pasada por un filtro gaussiano antes de modular la señal donde el 1 lógico es representado mediante una desviación positiva o incremento en la frecuencia de la onda portadora, y el 0 mediante una desviación negativa o decremento de la misma. Esto se traduce en un espectro de energía más estrecho de la señal modulada, lo cual permite mayores velocidades de transferencia sobre un mismo canal (Figura 4.4).

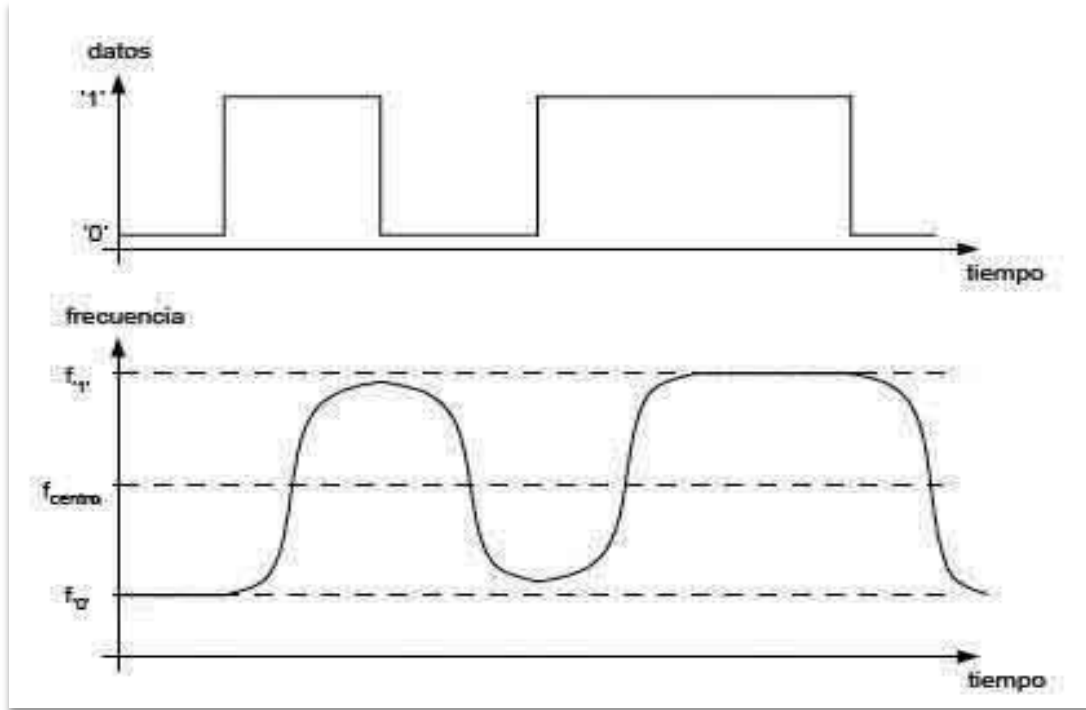


Figura 4.4 Modulación GFSK

Modulo Bluetooth

Para lograr la comunicación del dispositivo móvil con el controlador (Arduino) se utilizó un módulo bluetooth HC-06 (Figura 4.5), el cual según sus especificaciones tiene un alcance de 10 metros en línea de visión y se alimenta con un voltaje de 3.3v - 5.5v DC y consumir una corriente de 4 mA en estado de reposo y 15 mA máximos en modo activo. La ventaja de este dispositivo realiza una comunicación serial tipo TTL, lo cual lo hace compatible con la tarjeta de proyectos Arduino o en su defecto con el microcontrolador Atmega168.

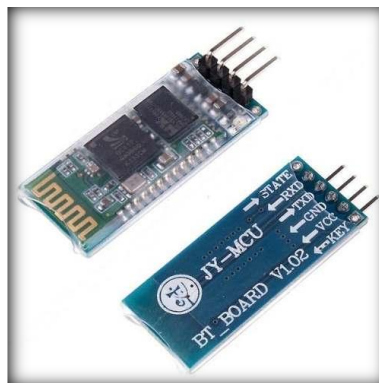


Figura 4.5 Modulo Bluetooth HC-06

Este módulo dispone de 4 pines y se conecta a la placa Arduino mediante los puertos seriales Tx y Rx, usando además la salida que nos provee la placa de 3.3v para la alimentación del dispositivo como se muestra en el diagrama. Figura 4.6

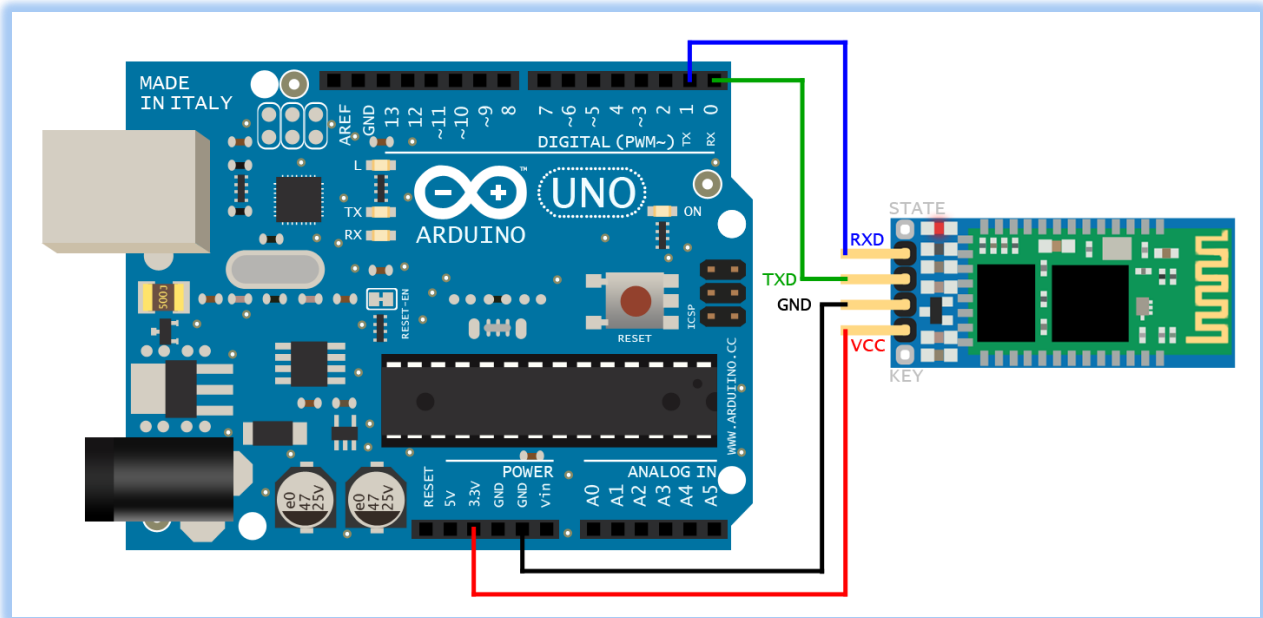


Figura 4.6 Conexión del módulo bluetooth a la placa Arduino.

- El pin Rx del módulo bluetooth se conecta al pin Tx de la placa Arduino
- El pin Tx del módulo bluetooth se conecta al pin Rx de la placa Arduino
- El pin Vcc del módulo bluetooth se conecta al pin 3.3v de la placa Arduino
- El pin GND del módulo bluetooth se conecta al pin GND de la placa Arduino

El dispositivo bluetooth una vez conectado a la placa Arduino se le debe realizar una configuración para su uso mediante comandos AT. Se conectan solo los pines Rx y Tx del módulo y se genera un sketch con comandos AT en la interfaz de programación de Arduino para la configuración del módulo bluetooth. El código de programación con los comandos AT se encuentra en el **Apéndice C, Figura 1**.

Módulos de Radiofrecuencia 433 MHz

Son los encargados de la comunicación entre el controlador y los actuadores de nuestro sistema y tienen la ventaja de tener una mayor distancia de comunicación comparada con el bluetooth de y ser de bajo consumo. La comunicación está integrada por dos dispositivos, transmisor (Figura 4.7) y receptor (Figura 4.8), los cuales su funcionamiento está asociado a un codificador y decodificador respectivamente que establecen un canal de comunicación para la transmisión de los datos lógicos.

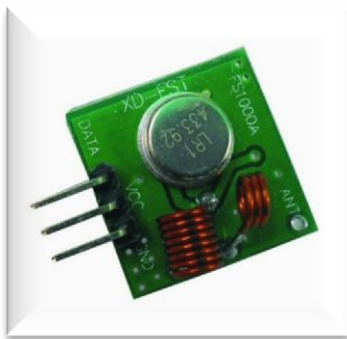


Figura 4.7 Módulo Transmisor RF 433MHz



Figura 4.8 Módulo receptor RF 433MHz

El circuito integrado codificador Holtek HT12E (Figura 4.9) recibe por parte del controlador la dirección física de 8 bits (Pines A0-A7) del dispositivo a transmitir y los datos lógicos que es un mensaje binario de 4 bits (Pines A8-A11) para ser codificados y enviados por el transmisor de 433MHz. Por su parte el circuito integrado decodificador Holtek HT12D (Figura 4.10) conserva una dirección fija y sólo se dispone de recibir los datos del receptor RF para traducir y mostrar los datos lógicos recibidos (Pines D8-D11).

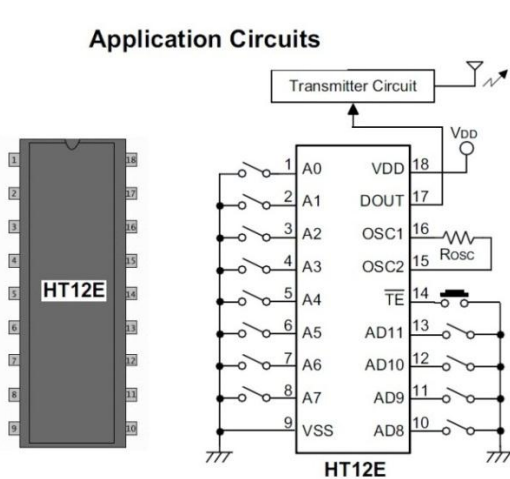


Figura 4.9 Circuito integrado Holtek HT12E

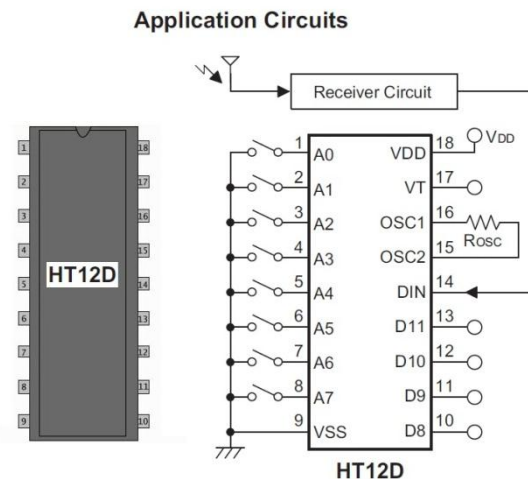


Figura 4.10 Circuito integrado Holtek HT12D

En los diagramas localizados en el **Apéndice A, Figura 1 y Figura 2**, se muestran los diagramas de conexión de los dispositivos de radiofrecuencia con sus respectivos circuitos integrados.

Para nuestro caso particular dispondremos solo del bit 0 (Pin A8) como dato lógico para generar un cambio de estado en nuestro sistema. Este cambio de estado será interpretado como:

- On o Encendido cuando el nivel del bit 0 sea alto (1 lógico = Vcc)
- Off o Apagado cuando el nivel del bit 0 sea bajo (0 lógico = Gnd)

El codificador tiene un pin TE (Pin 14) que depende si el nivel lógico asociado a este, es alto o bajo, le indica en que momento hacer la transmisión de los datos lógicos o mensaje; para hacer la transmisión del mensaje el pin debe tener un valor bajo (0 lógico = Gnd), por tanto el tener un estado alto (1 lógico = Vcc) interrumpe dicha transmisión de datos.

En los pines Rosc de ambos circuitos integrados se asigna una resistencia calculada para el oscilador de ambos, esta resistencia se calcula mediante las tablas (frecuencia del oscilador vs voltaje) que vienen en los datasheet de estos. Como resultado nos arroja una resistencia de $1\text{m}\Omega$ para el HT12E y de $51\text{k}\Omega$ para el HT12D, por disponibilidad del mercado se usara la más cercana que es de $47\text{k}\Omega$.

El funcionamiento de los módulos RF en conjunto con su respectivos codificador y decodificador, se basan en señales digitales que manejan niveles lógicos (Altos = Vcc y Bajos = GND = 0v), por lo que es imprescindible garantizar que estos niveles sean los más cercanos a su valor de Vcc o GND como según corresponda, y así, asegurar la correcta interpretación de los estos estados lógicos por parte de los circuitos integrados.

Para lograr esto, se hace uso de resistencias llamadas “Pull-up” o “Pull-down” según su configuración de conexión. Estas resistencias guían el flujo de la corriente para garantizar que los niveles lógicos sean lo más cercano a su valor. Figura 4.11

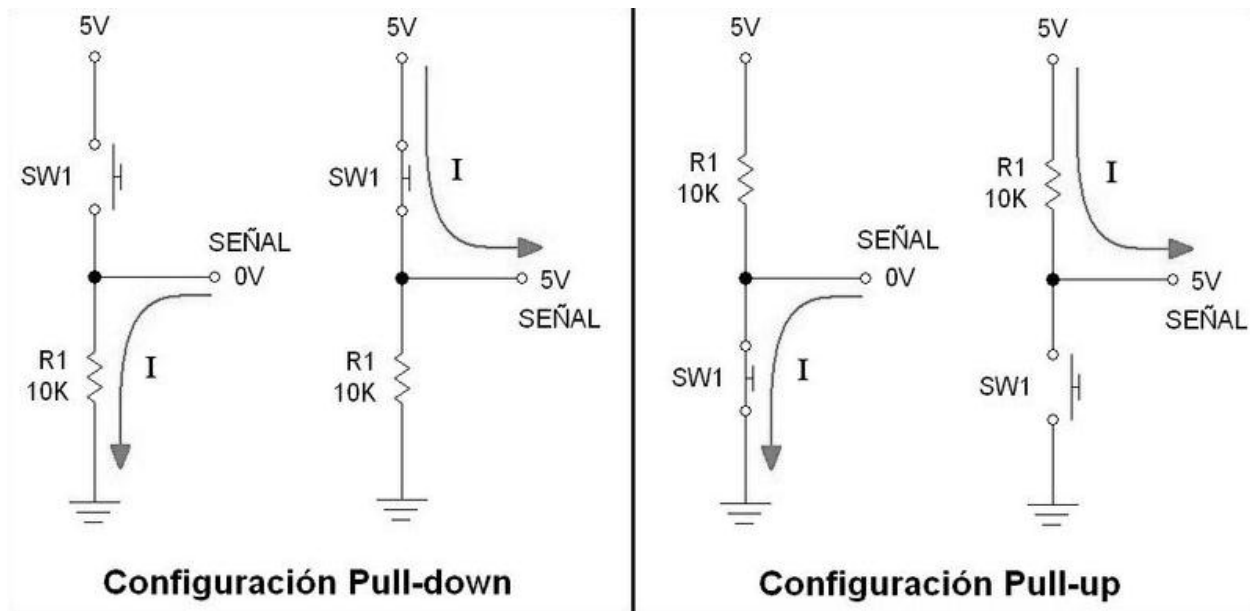


Figura 4.11 Configuración y conexión de resistencias Pull-up y Pull-down

Las resistencias Pull-down trabajan de la siguiente manera:

- Cuando el Switch1 se encuentra abierto, la corriente que se encuentra en el pin de señal viaja hacia GND provocando que el nivel de la señal sea absolutamente un 0 lógico.
- Al accionar el Switch1, toda la corriente proveniente de Vcc, es desviada directamente al pin de señal, esto debido a la resistencia, como resultado da un nivel lógico alto = 1 ó Vcc

Por su parte las resistencias Pull-Up trabajan inversamente:

- Cuando el Switch1 se encuentra abierto, la corriente proveniente de Vcc, se va directamente al pin de señal, por consiguiente logra un estado lógico = 1 ó Vcc.
- Cuando el Smith se encuentra cerrado, la corriente proveniente de la señal es desviada a GND, por consiguiente muestra un nivel lógico 0 a la salida.

Para saber qué tipo de resistencia nos conviene más usar, hay que tomar en cuenta el tipo de contactos o señales que vamos a manejar, todo depende si son contactos abiertos o cerrados, o si a la salida necesitamos un nivel alto o bajo inicial, con los que trabajaremos antes de indicar el cambio de estado.

Una vez estudiado el uso de las resistencias y su configuración de conexión, se llegó a la conclusión de que era más conveniente la utilización de resistencias “Pull-down” en nuestros circuitos, ya que esto nos garantizara los niveles lógicos bajos con 0v en los pines dedicados a la transmisión del mensaje.

Para la transmisión y recepción de los módulos RF es necesaria una antena, el diseño y especificaciones de esta no se encuentran directamente en la hoja de especificaciones del proveedor, sin embargo, tras una investigación se encontraron dos tipos de antenas aconsejables para los módulos de RF a 433 MHz (Figura 4.12), para las cuales además se recomienda que el alambre sea de cobre de 55 ó 75 Ohms de impedancia.

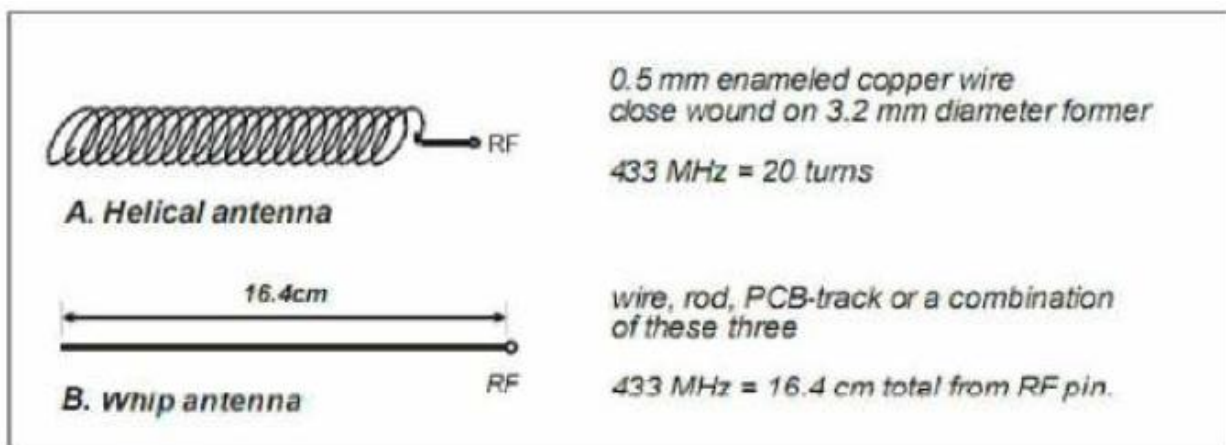


Figura 4.12 Ejemplos de antenas para módulos RF

De las antenas recomendadas se decidió realizar la antena helicoidal; el alambre de cobre que recomiendan, se puede obtener de un cable coaxial RG-75, que es el común para las conexiones de una Tv con la antena aérea. Obsérvese figura 4.13

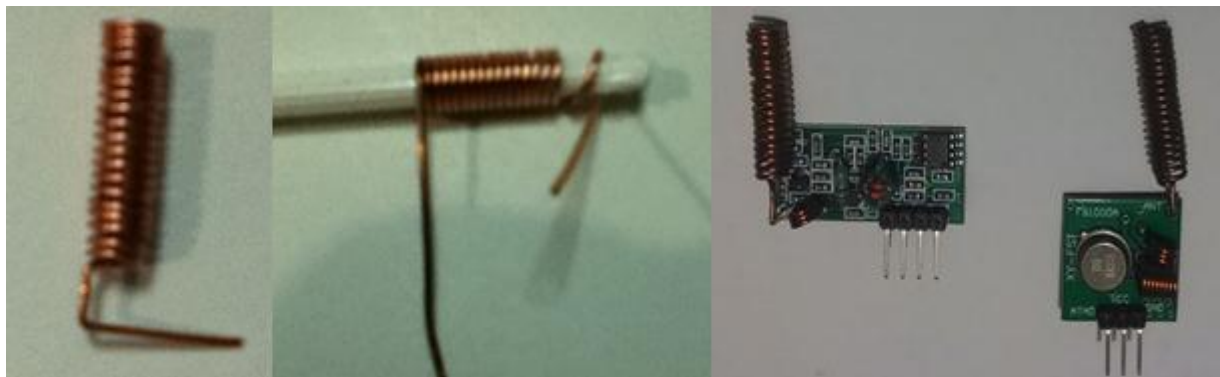


Figura 4.13 Módulos RF con la antena Helicoidal

Para poner a prueba el funcionamiento de los módulos de radiofrecuencia, se implementan según sus diagramas de conexiones en una placa de pruebas “ProtoBoard” (Figura 4.14), esto nos permitirá trabajar con los módulos teniendo la finalidad de observar y analizar su funcionamiento, así como, de resolver algunas fallas o inconvenientes que se puedan presentar para su correcta operación de trabajo.

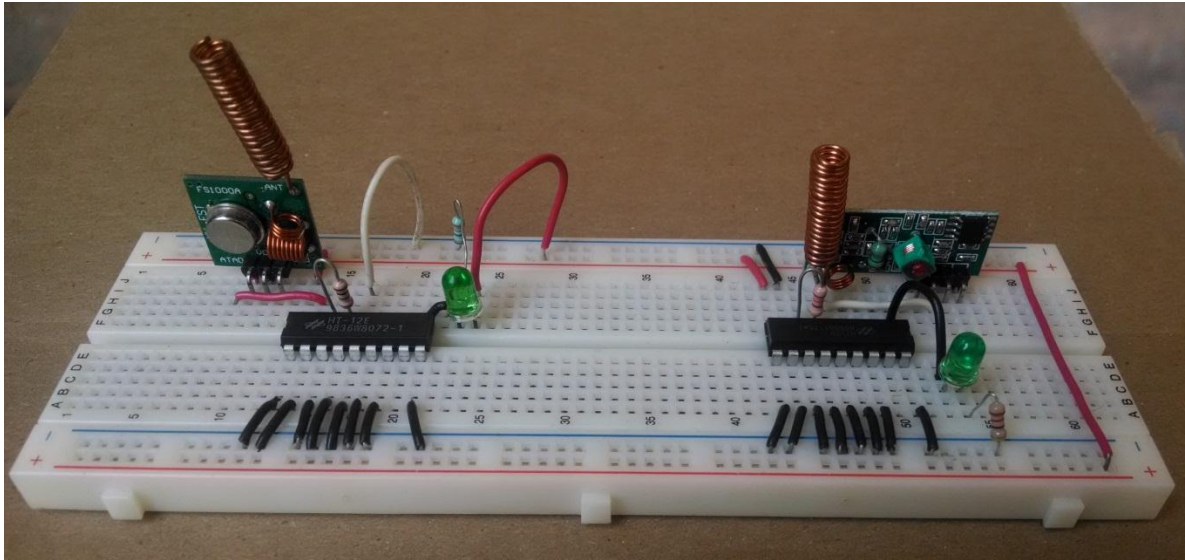


Figura 4.14 Módulos RF conectados en placa protoboard

En la imagen se muestran los módulos de radiofrecuencia montados sobre la placa de pruebas, transmisor con CI codificador (izquierda) y receptor con CI decodificador (derecha). Para nuestros propósitos solo es necesario conectar un pin para el mensaje, pin 10-A8 por parte del transmisor y pin 10-D8 por parte del receptor, que, en ambos se encuentra un led conectado, este nos indicara si la transmisión es exitosa, mostrando en el receptor un cambio de estado, según se lo asignemos desde el transmisor; la dirección es asignada físicamente según su diagrama de conexión (Como se observa en la parte inferior de ambos circuitos integrados = 0000001 para que ambos funcionen).

4.2 INTERFAZ DE USUARIO BÁSICA

En esta etapa se realiza una interfaz para Android OS sencilla, la cual dispone de 5 botones (Figura 4.15) y una configuración básica de la aplicación, esto nos servirá para poner a prueba el funcionamiento y el acoplamiento de nuestro móvil con nuestro dispositivo bluetooth, y a su vez, hacer pruebas de la comunicación con el controlador, en este caso con nuestra tarjeta electrónica para proyectos Arduino Uno.



Figura 4.15 Interfaz de usuario de prueba

La programación de nuestra aplicación se rige por un diagrama de flujo de operación (Figura 4.16) que consta prácticamente de 5 etapas:

- Inicio
- Conexión
- Cambios de Estado (Encendido – Apagado)
- Desconexión
- Salida

Cada etapa nos muestra la acción básica del funcionamiento que debe tener nuestra aplicación, para cada una de ellas se tiene un botón asociado, el cual al ser presionado realizara una orden según sea el caso de su configuración.

Lógica de Operación

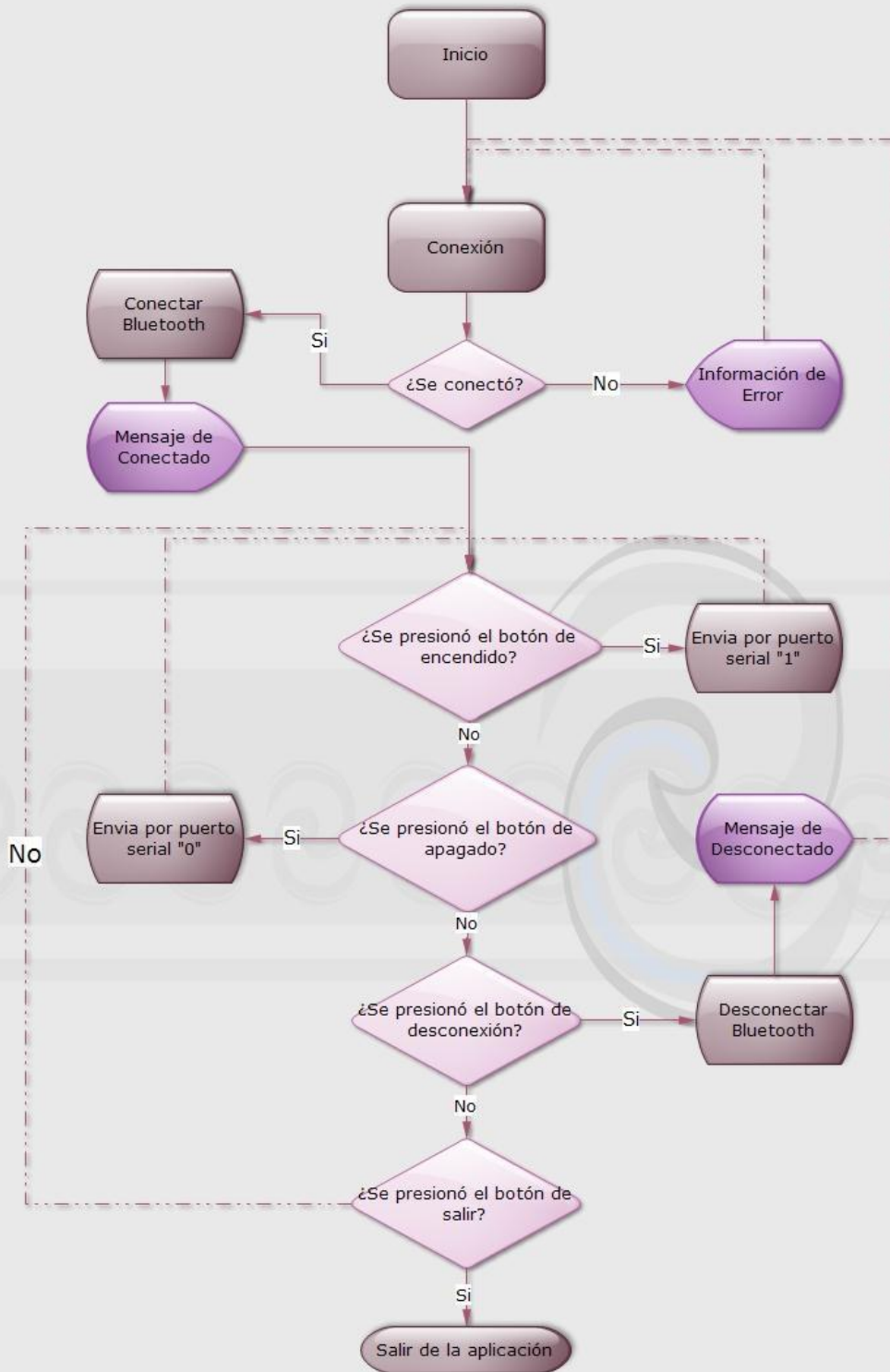


Figura 4.16 Lógica de operación de la aplicación de prueba

Para el inicio de nuestra aplicación se crea un icono temático de 48x48 píxeles que es el estándar de tamaño de imagen, que nos permite la identificación de la aplicación en nuestro dispositivo y al presionarlo arrancará nuestra aplicación (Figura 4.17). Por su parte el IDE de App Inventor nos genera automáticamente todos los parámetros y códigos de inicio que debe llevar la aplicación así como empaquetar los permisos para uso de los sockets de comunicación del dispositivo, por lo que para esta etapa no se requiere ninguna programación.



Figura 4.17 Icono de identificación de la aplicación

Para la etapa de conexión, se le indica al sistema que, mediante la acción de un “clic” al botón asociado “Conectar a Bluetooth” debe hacer uso del socket de comunicación y realizar la conexión a un dispositivo bluetooth, cuya dirección MAC de identificación debe estar establecida (Figura 4.18). La dirección MAC es un número de identificación de 48 bits que se representan por números hexadecimales y se agrupan en pares separados por dos puntos (“:”). Este número es único para cada dispositivo de comunicación y está determinado por el IEEE (Últimos 24 bits) y el fabricante (primeros 24 bits). En nuestro caso la dirección MAC del módulo bluetooth es: 00:13:03:14:12:94

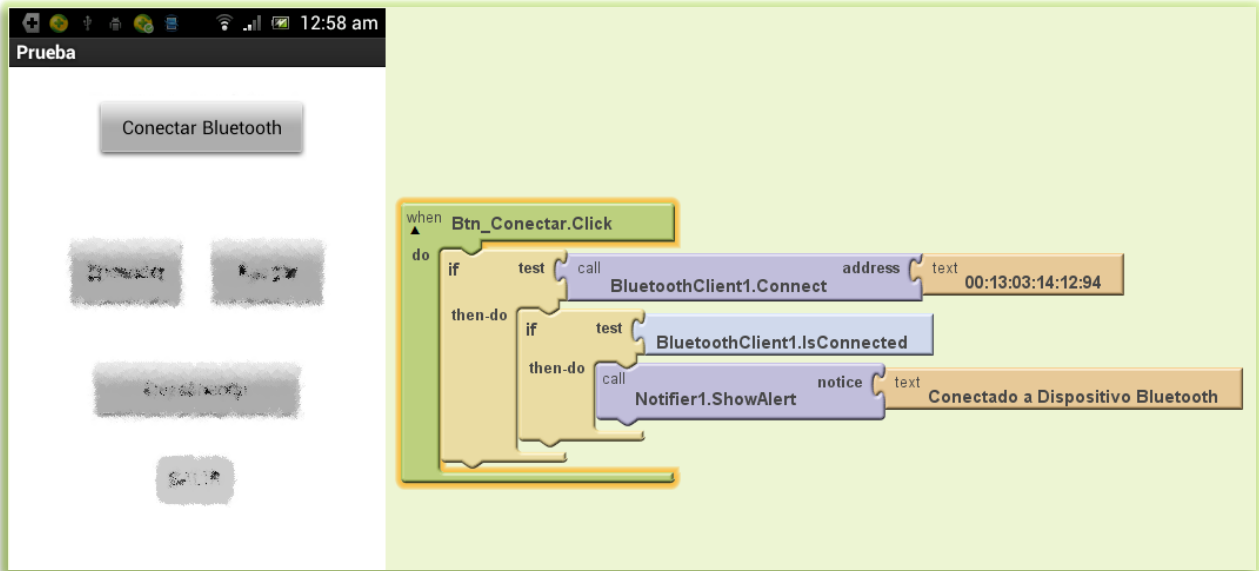


Figura 4.18 Diagrama de Bloques: Botón conectar

Para realizar el cambio de estado se tiene dos botones, el cual cada uno corresponde a una acción (Encender y Apagar). Al presionar el botón asociado a la acción de encendido, la aplicación manda una variable de texto al controlador por medio del socket bluetooth, en este caso la variable es "1". De igual manera al presionar el botón de apagado manda una variable de texto solo que esta vez la variable es "0" Figura 4.19.

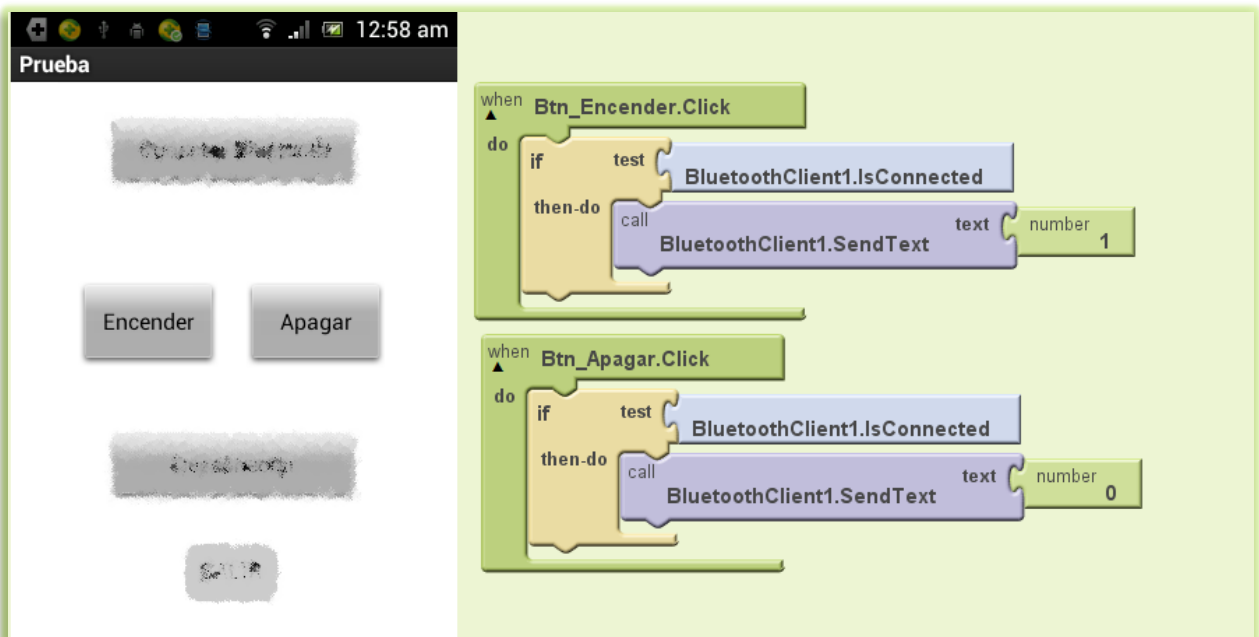


Figura 4.19 Diagrama de Bloques: Botones de Encendido - Apagado

Las variables llegan al controlador por medio de la lectura del puerto serial donde está conectado el modulo bluetooth y deben ser interpretadas para realizar la acción que se requiere. Para fines de prueba la acción requerida es el simple encendido y apagado de un led, el cual está conectado en su parte positiva o ánodo al pin 13 de la placa arduino y su respectiva conexión a GND del cátodo. (Figura 4.20); para esto se genera un código de programación básico que es descargado a la placa arduino (Figura 4.21). Este código le permite al arduino leer los datos provenientes del puerto serial y de coincidir con los de su programación, decidir una acción sobre un pin que en este caso será el número 13, al cual se le dará un nivel alto para el encendido del led o un nivel bajo para apagado del mismo.

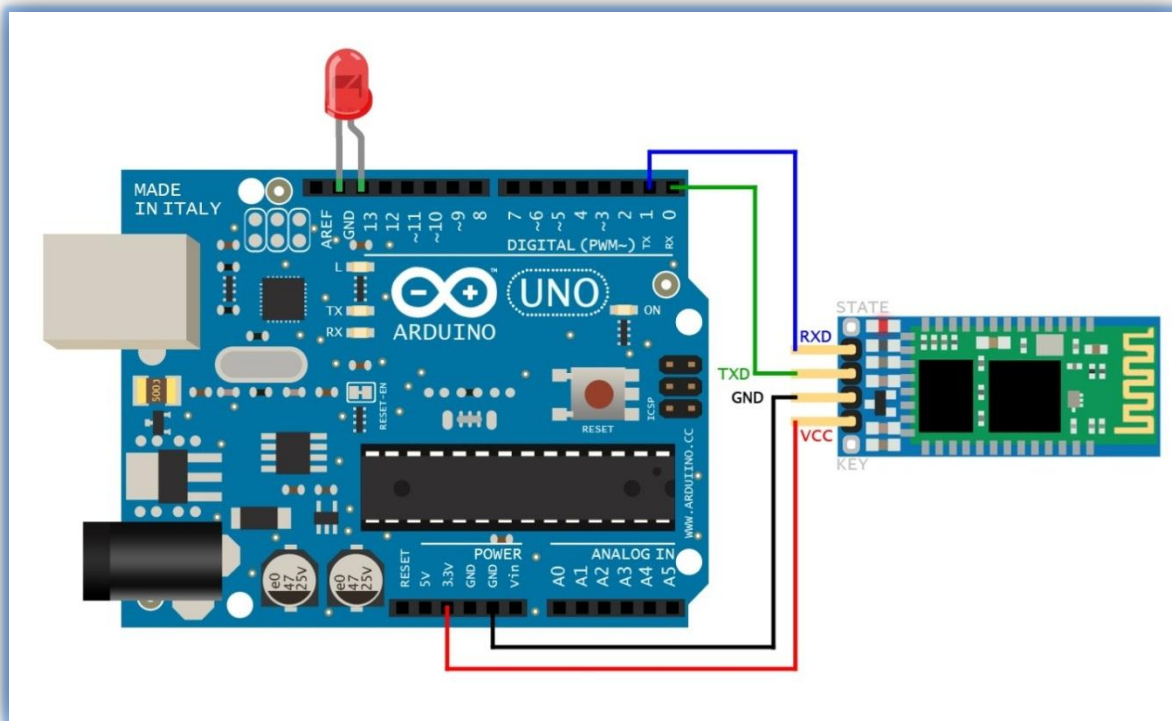


Figura 4.20 Conexión de un LED en el pin 13 y GND para prueba de funcionamiento

```
Prueba_Led
void setup(){
  pinMode(13,OUTPUT);
  Serial.begin(9600);
}

void loop (){
  while(Serial.available()){
    char entrada = Serial.read();
    if (entrada== '1'){
      digitalWrite(13,HIGH);
    }
    if (entrada== '0'){
      digitalWrite(13,LOW);
    }
  }
}

Guardado Terminado.
```

Figura 4.21 Sketch de Arduino: Código de prueba, encendido de un led por Bluetooth

Dicho programa desarrollado en la plataforma de arduino comprende el siguiente orden de funcionamiento:

- Void setup: Se declaran las salidas que se van a utilizar del microcontrolador, en este caso el pin 13; así como el uso del puerto serial y la velocidad de transferencia serial (Baud rate), que es 9600 baudios de acuerdo con la configuración del módulo bluetooth.
- Void loop: Es la parte principal de nuestro código de programación y comprende un ciclo de funcionamiento que declara como va a funcionar nuestro microcontrolador el cual tendrá el siguiente orden lógico:
 - Se indica que abra el puerto serial. “Serial.available”
 - Nombra con una variable “entrada” a los caracteres provenientes del puerto serial y se le indica la lectura de esta variable. “Serial.read”
 - Se hace una toma de decisiones con los comandos “if” y de comparación que indican si el valor de la variable de entrada es igual a “1” ponga en nivel alto (5v) la salida del pin 13; por otra parte si el valor de entrada es igual a “0” el pin 13 tendrá un nivel bajo (0v).

La etapa de desconexión, termina con el proceso de emparejamiento del dispositivo con el modulo bluetooth, por lo que después de desconectarse el dispositivo no podrá enviar dato alguno al controlador (Arduino). Esto se logra con un “Long clic” que es básicamente dejar presionado el botón por unos segundos, esto para evitar que se presione por accidente y desconecte la comunicación (Figura 4.22). Para reiniciar la conexión tiene que presionarse de nuevo el botón de conectar.

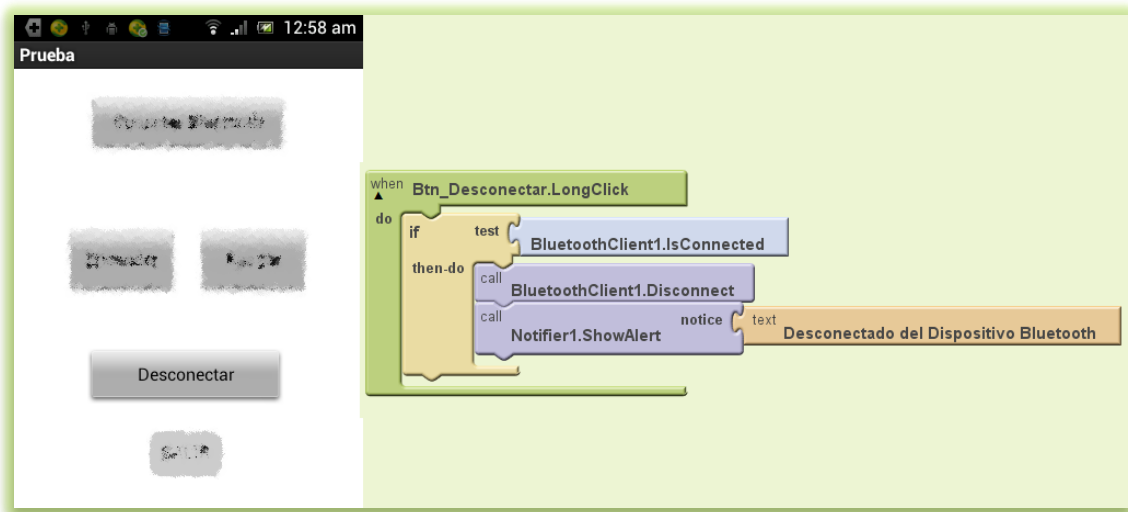


Figura 4.22 Diagrama de Bloques: Botón desconectar

Para la última etapa solo consta de un botón asociado para terminar la aplicación, el cual al ser presionado desconecta la comunicación bluetooth y cierra la aplicación. Figura 4.23

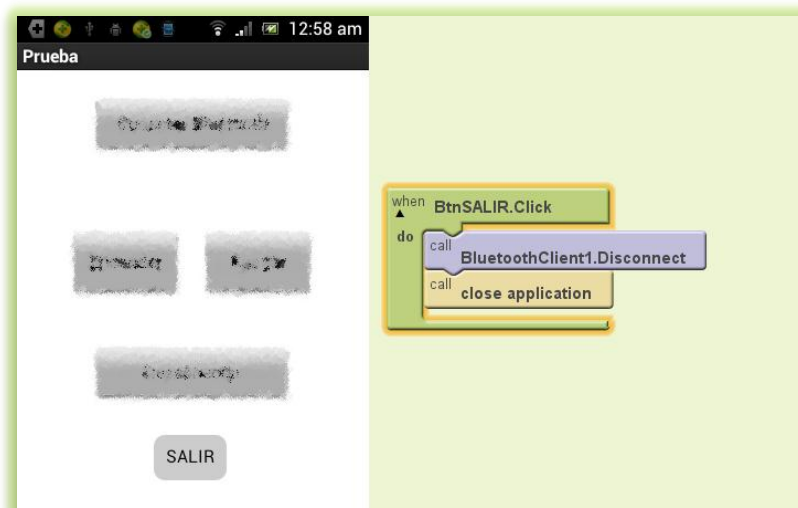


Figura 4.23 Diagrama de Bloques: Botón salir

4.3 ETAPA DE CONTROL

El control de nuestro sistema va a ser gestionado por nuestra tarjeta para proyectos electrónicos Arduino Uno, particularmente por el microcontrolador Atmega168 que posee.

Para el control se realiza un código de programación que integre los dos sistemas de comunicación (Figura 4.24). El funcionamiento lógico de la programación abarca los siguientes puntos:

- Declaración de los pines que se utilizaran, uso del puerto serial y su velocidad de transferencia.
- Interpretación de los datos que lee del puerto serial provenientes del módulo bluetooth, que son enviados por el dispositivo móvil tras una acción del usuario.
- La configuración de niveles (alto o bajo) del pin que se conecta a él codificador para dar inicio o término de la transmisión a los dispositivos receptores (Pin 14 TE del codificador – Pin 10 Placa Arduino).
- La configuración de niveles (altos o bajos) de los pines en los que se conecta el codificador, para asignar una dirección física.
- Enviar el mensaje de encendido y apagado según la acción que corresponda a los datos provenientes del dispositivo móvil (Pin 17 DOUT del codificador – Pin 9 de la placa arduino).

Se asignaran los pines 13, 12 y 11 de la placa Arduino para darle la manipulación de dirección física de los receptores a transmitir, estos corresponden a los pines 6-A5, 7-A6 y 8-A7 del codificador HT12E respectivamente. Con esto tendremos el acoplamiento y funcionamiento de los sistemas de comunicación e interfaz de usuario gestionadas por el controlador arduino.

Al ser un solo dispositivo receptor la dirección física de este será “0 0 0 0 0 0 1”, por lo que en nuestro programa solo se tendrá la necesidad de manipular los niveles de un solo pin (Pin 11 en la placa arduino – Pin 8-A7 del codificador).

```
void setup() {  
  pinMode(9,OUTPUT);  
  pinMode(10,OUTPUT);  
  pinMode(11,OUTPUT);  
  pinMode(12,OUTPUT);  
  pinMode(13,OUTPUT);  
  Serial.begin(9600);  
}  
/*mapeo de arduino:  
pin 10-Corresponde al corte de mensaje (inactivo)  
pin 9-Corresponde al mensaje (on-off)  
pin 11-Corresponde a la posicion 1 del byte de direccion  
pin 12-Corresponde a la posicion 2 del byte de direccion  
pin 13-Corresponde a la posicion 3 del byte de direccion */  
  
void loop () {  
  digitalWrite(10,HIGH);  
  while(Serial.available()){  
    char entrada = Serial.read();  
    switch (entrada){  
      if (entrada== '1'){  
        digitalWrite(10,LOW);  
        digitalWrite(11,HIGH);  
        digitalWrite(9,HIGH);  
        delay(500);  
        digitalWrite(10,HIGH);  
        digitalWrite(11,LOW);  
        digitalWrite(9,LOW);}  
      if (entrada== '2'){  
        digitalWrite(10,LOW);  
        digitalWrite(11,HIGH);  
        delay(500);  
        digitalWrite(11,LOW);}  
    }  
  }  
}
```

Guardado Terminado.

Figura 4.24 Sketch de Arduino: Código de principio de operación del sistema de comunicación

En esta etapa del proyecto se acoplan nuestros dispositivos de radiofrecuencia y bluetooth a nuestra placa de arduino para realizar las pruebas de funcionamiento correspondientes. Para esto se hacen las conexiones debidas, basadas en nuestro diagrama de conexión que se encuentra en el **Apéndice A, Figura 3**, el cual se deriva de los circuitos individuales de los dispositivos involucrados.

A continuación se muestran algunas imágenes capturadas durante las pruebas de funcionamiento de los módulos trabajando en conjunto.

En la Figura 4.25 se muestra el modulo transmisor RF conectado a nuestra tarjeta arduino, como se observa los cables que van del arduino (Cables trenzados), corresponden a los pines con los que se asegura la dirección física de transmisión, el pin suelto (Amarillo) corresponde al de encendido y/o apagado del led. Todas las conexiones que van hacia el CI codificador provenientes del arduino, están conectadas a resistencias pull-down, para asegurar los niveles lógicos de trabajo. También se puede observar el modulo bluetooth debidamente conectado al arduino.

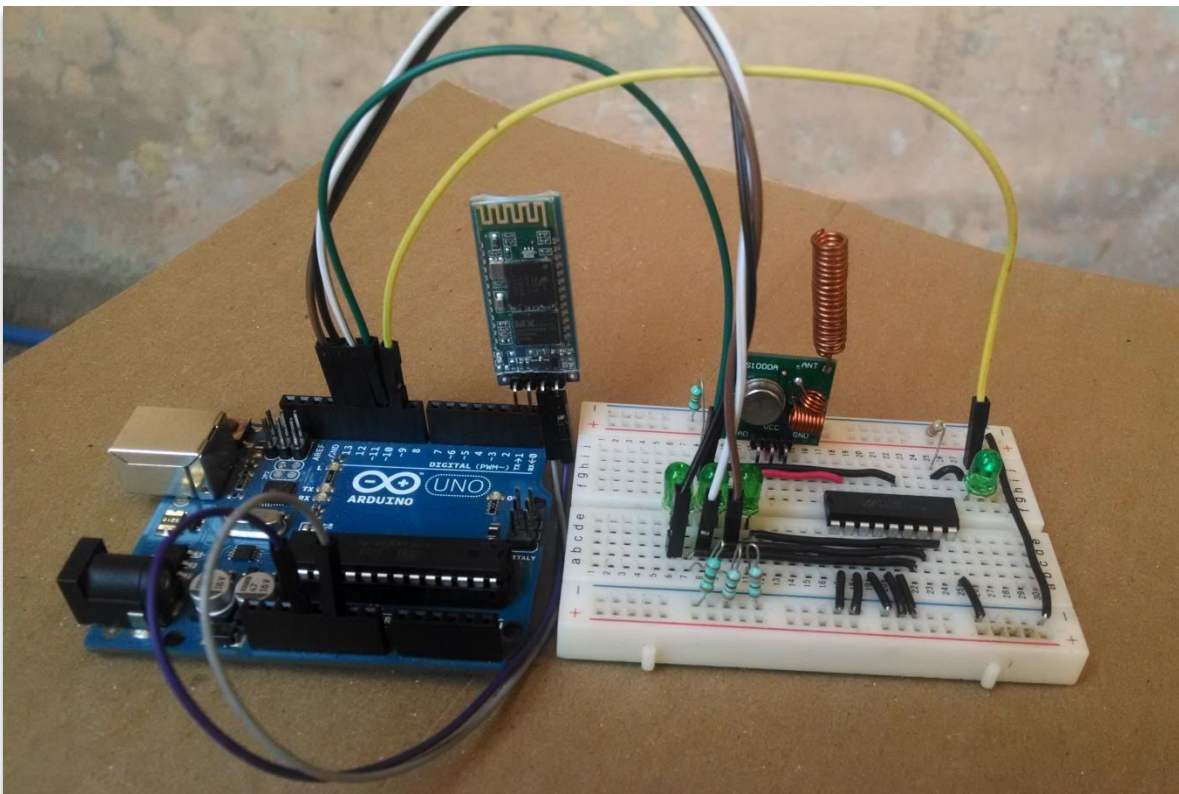


Figura 4.25 Módulo Bluetooth y RF conectados a la placa Arduino

En la Figura 4.26 se observa al receptor RF y su debida conexión; se ejemplifica el correcto funcionamiento del encendido del led, como parte de las pruebas correspondientes del funcionamiento de los módulos RF en conjunto con la aplicación y arduino.

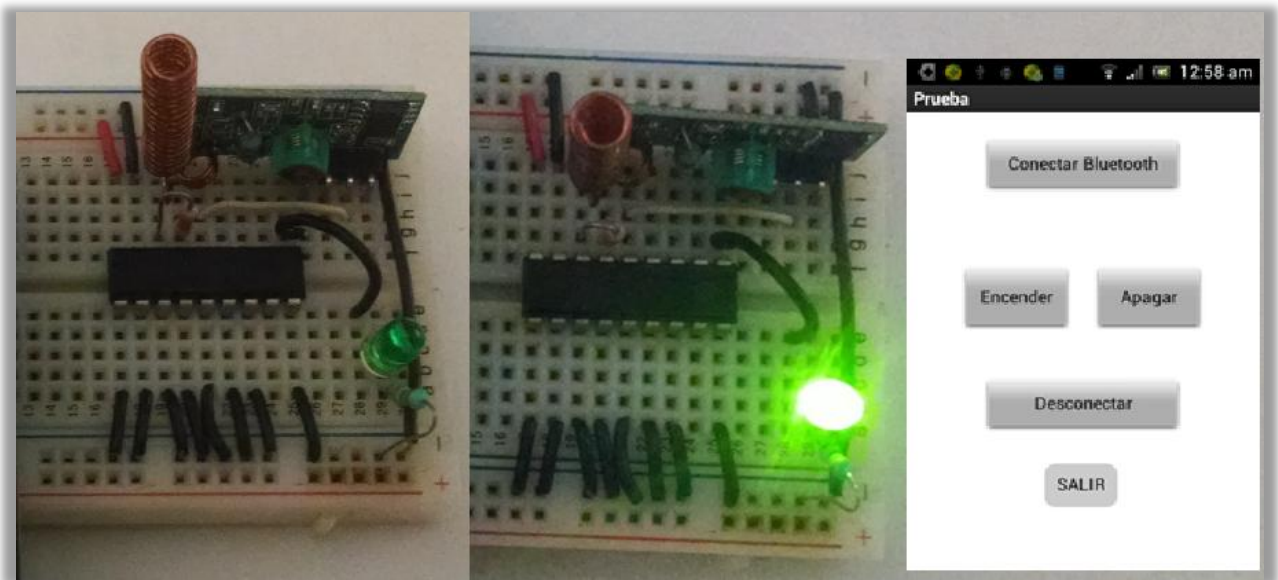


Figura 4.26 Prueba de funcionamiento del receptor con la aplicación de prueba

4.4 LUMINARIA Y FUENTE DE ALIMENTACIÓN

Para el diseño de la fuente de alimentación era necesario saber la configuración de conexión de la luminaria y la cantidad de LEDs que se usarían para lograr una buena iluminación. Al haber seleccionado una conexión tipo serial y hacer uso de aproximadamente 50 LEDs para obtener una buena iluminación, nos dará como ventaja el desarrollo de una fuente lineal sin tantos componentes y la posibilidad de eliminar el uso del transformador, ya que el voltaje real tras rectificarlo será consumido en su mayoría por la gran cantidad de LEDs conectados en serie.

Para el diseño de la fuente, esta tiene que cubrir las siguientes características:

- Proporcionar una tensión de corriente directa
- Proporcionar como mínimo una tensión de 160 volts
- Proporcionar una corriente de entre 20 mA min y 35 mA máx. para la alimentación adecuada de los LEDs resultando en un buen brillo sin comprometer su vida útil.

Nuestra fuente de alimentación lineal estará constituida por 4 etapas:

- Rectificación
- Filtrado
- Regulación
- Activación: Encendido y apagado de LEDs

En la primera fase de nuestra fuente se hará un rectificado de la tensión que proviene de la toma de corriente común, que proporciona 110v-120v AC. Para el rectificado usaremos un arreglo de diodos rectificadores (Figura 4.27) lo que nos dará como resultado un voltaje de corriente continua.

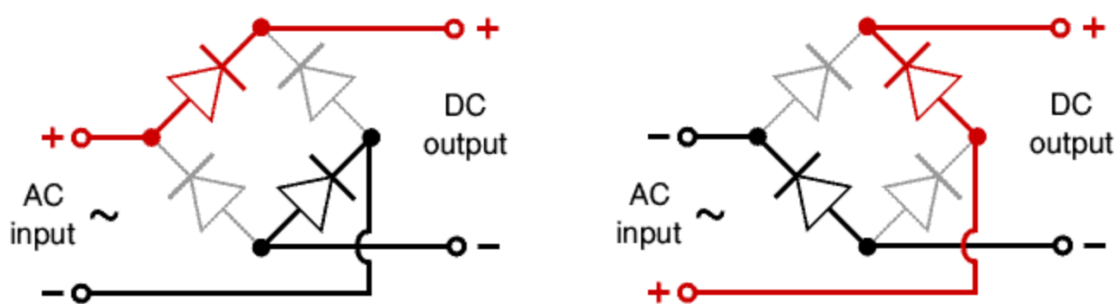


Figura 4.27 Conexión de puente de diodos y circulación de la tensión

El valor que nos da una toma de voltaje común varía entre 110v y 120v, los cuales al ser de corriente/voltaje alterno(a) lo tomaremos como voltaje efectivo o voltaje RMS (Raíz media cuadrática o Root Mean Square en inglés). Este valor se le define así ya que, produce el mismo efecto de disipación de calor que su equivalente de voltaje o corriente directo(a). Para saber el valor equivalente en DC se usa la siguiente formula:

$$VRMS = \frac{V_{pico}}{\sqrt{2}}$$

El valor del voltaje pico nos será arrojado tras la rectificación de la alimentación de alterna, por lo que para un VRMS de 110-120 será:

$$V_{pico} = VRMS * \sqrt{2}$$

$$V_{pico} = 110v \sim 120v * \sqrt{2}$$

$$V_{pico} = 155.6v \sim 169.7v$$

Los valores de voltaje pico serán de corriente directa y será el voltaje con el que trabajemos para alimentar nuestra luminaria. Por seguridad de sobrecarga trabajaremos con un rango de voltaje de +15v máximos por lo que nuestros valores de entrada serán como máximo 135v:

$$V_{pico} = 135 v_{max} * \sqrt{2}$$

$$V_{pico} = 190v \text{ máximos}$$

Estos valores máximos nos servirán como referencia para darle una pequeña protección a nuestra lámpara en caso de una sobre carga, así que en el diseño este será nuestro voltaje máximo con el que podrá trabajar nuestra luminaria. Por obvias razones no debe sobrepasar bajo ninguna circunstancia este voltaje de entrada o habrá daños en los componentes.

Al igual que el voltaje máximo de trabajo se necesita un voltaje de trabajo mínimo por lo que tomaremos los 110v, ya que normalmente las tomas de alimentación nos brindan 115v en promedio.

Al momento de tener la rectificación los diodos consumen de 1.2 a 1.5 voltios, por lo que el valor pico tendrá una pequeña disminución:

$$V_{pico\ final} = V_{pico} - 4(1.5)v$$

$$V_{pico\ final} = (155.6\ v_{min} \sim 190\ v_{max}) - 6v$$

$$V_{pico\ final} = 149.6\ v_{min} \sim 184\ v_{max}$$

Una vez establecidos los voltajes con que se trabajaran después del rectificado se procede a la siguiente etapa que es el filtrado.

La señal de AC en nuestro país es una onda senoidal de 60Hz, que es el número de ciclos en un periodo (1 segundo), lo que se podría traducir que en un segundo nuestra señal de alimentación tiene 60 pulsos positivos y 60 pulsos negativos. Figura 4.28

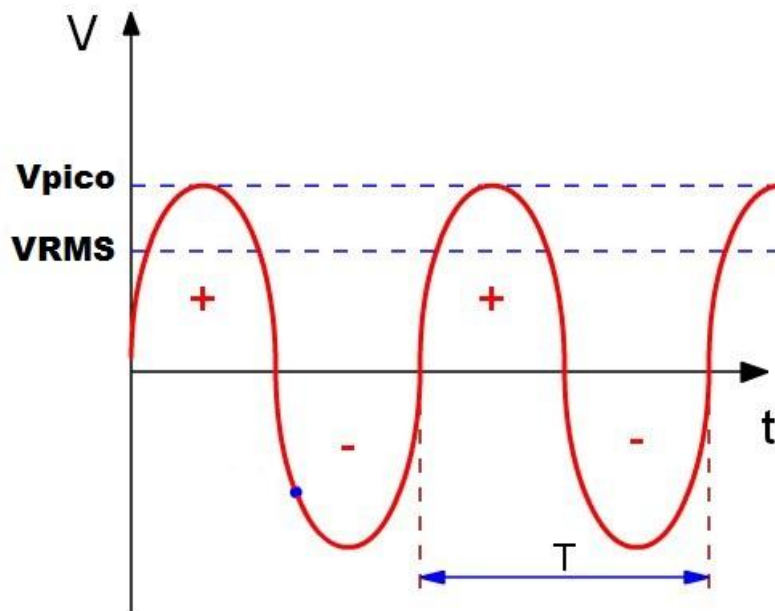


Figura 4.28 Onda senoidal de la corriente alterna (AC)

Nuestro arreglo de diodos rectificadores dejaran pasar los pulsos positivos de la señal senoidal y los negativos serán desviados para que sean tomados como pulsos positivos. Figura 4.29

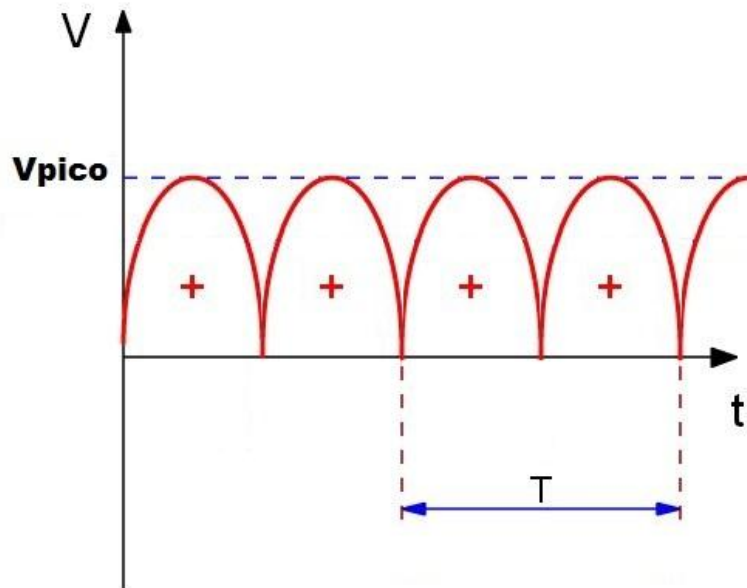


Figura 4.29 Señal rectificada por el puente de diodos

En la etapa de filtrado se hace una “amortiguación” de estos pulsos para que no haya disminuciones o interrupciones de voltaje entre los espacios de estos picos y pueda ser una señal continua Figura 4.30. Para el filtrado de la señal, se hace uso de capacitores sin embargo, después del filtrado se tiene una pequeña diferencia de potencial (ΔV).

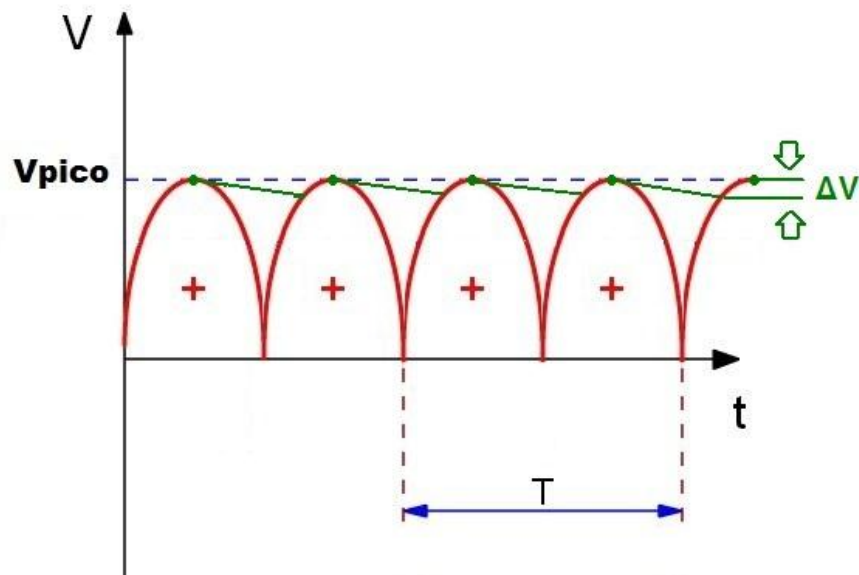


Figura 4.30 Señal rectificada y filtrada

Para disminuir lo más posible el rizado que provoca la diferencia de potencial, se tiene que calcular el valor del capacitor según el voltaje de entrada y la corriente total que usará nuestro circuito, para que podamos lograr en teoría una señal de corriente directa. Para el cálculo de un capacitor para un puente rectificador de diodos se encontró la siguiente formula:

$$C = \frac{I_{pico}}{f(V_{max})}$$

Dónde:

$C =$ Capacitancia medida en faradios

$f =$ frecuencia de la senal de alimentacion = 60Hz

$V_{max} =$ Voltaje maximo despues de los diodos rectificadores = 184 v

$I_{pico} =$ 5 veces la corriente maxima que se proporcionara por la fuente

$$I_{pico} = 5(I_{max})$$

Para calcular la corriente máxima de trabajo nuestra fuente, tomaremos los valores máximos de corriente de trabajo que vienen en la hoja de especificaciones de los LEDs proporcionada por el fabricante, más un rango de 10 mA máximos como seguridad.

Los LEDs al estarán conectados en serie por lo que la corriente de trabajo es la misma para todos; según el fabricante la corriente máxima de trabajo so 40 mA por lo que para el cálculo de nuestro capacitor estableceremos un valor de $I_{pico} = 50mA$, por lo que tenemos:

$$C = \frac{5(0.050) A}{\frac{60}{s} (184 v)}$$

$$C = \frac{0.25 A \cdot s}{11040 v} = 0.000022644 F = 22.65 \mu F$$

El valor de nuestro capacitor por seguridad debe ser del valor mayor inmediato según los estándares del mercado del resultado que nos arrojó la fórmula para su cálculo, además de soportar un valor mayor de voltaje que el V_{pico} , por lo que en nuestro caso será un capacitor de 27uF y 250v según las tablas de valores comerciales.

En la etapa de regulación usaremos un transistor regulador de tensión, sin embargo como se maneja una gran cantidad tensión, en el mercado no se encontró ninguno que pudiera soportar el voltaje que administra la fuente, por lo que se optó por usar en específico el transistor Lm317 solo que lo aplicaremos como regulador de corriente para que nos brinde una corriente sin variaciones para la alimentación de los LEDs y pueda trabajar con nuestra fuente. La conexión del transistor como regulador de corriente continua (Figura 4.31) tiene sus propias características a para tomar en cuenta.

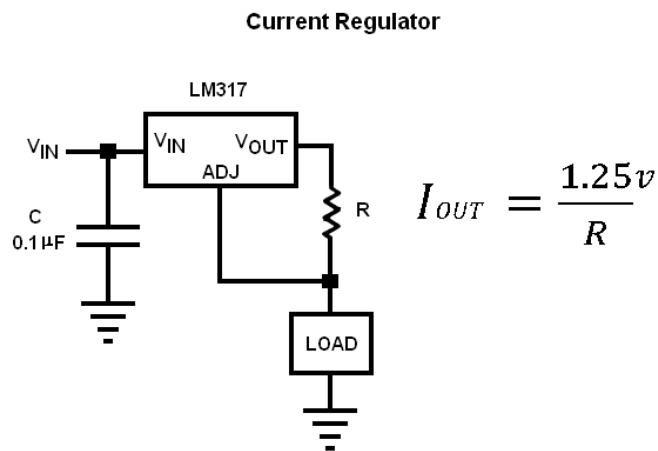


Figura 4.31 Circuito de regulador de corriente con LM317

El valor de la resistencia de ajuste debe ser calculado en conjunto con la cantidad de corriente que vamos a suministrar; los LEDs por su parte según la tabla I vs V de la hoja de datos (anexo), nos indica que la máxima luminiscencia se alcanza con una corriente de 35mA, sin embargo, se compromete demasiado la vida útil de estos; por ende y a recomendación del fabricante se buscara trabajar con ~25mA, que son los niveles máximos de trabajo recomendados por el fabricante.

Para regular la corriente usaremos la siguiente formula:

$$I = \frac{1.25v}{R}$$

Donde despejaremos R y sustituiremos el valor de I por 30mA

$$R = \frac{1.25v}{I}$$

$$R_{adj} = \frac{1.25v}{.025A} = 50 \Omega$$

Este valor no existe en el mercado por lo que se tomara el valor más alto inmediato, lo que nos da como resultado una resistencia de 56 Ω por lo que el valor de corriente que nos proporcionara el regulador será de:

$$I = \frac{1.25v}{56\Omega} = 0.0223 A = 22.3 mA$$

Para la última etapa que será para la activación del encendido y apagado de los LEDs, ya que el mensaje proveniente del transmisor RF hacia el receptor RF que trabaja en conjunto con decodificador HT12D, sería un pin con un nivel alto o bajo según sea el caso (Figura 4.32), se buscara la mejor manera de acoplar el circuito del receptor con la fuente y el sistema que permitirá encender los LEDs tras una señal de nivel alto (1 lógico) y apagarlos con una señal de nivel bajo (0 lógico).

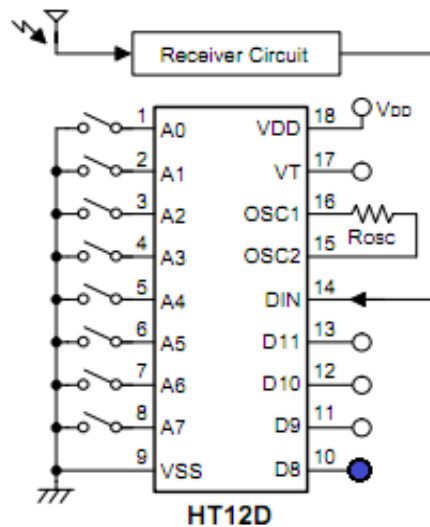


Figura 4.32 HT12D Mostrando el pin de mensaje (Pin D8)

Tras evaluar las diferentes posibilidades se propuso el uso de un transistor cuya conexión estará configurada en corte y saturación (Figura 4.33), por lo que se buscó un TIP que cubriera las características de rango de voltaje y corriente con las que se trabaja.

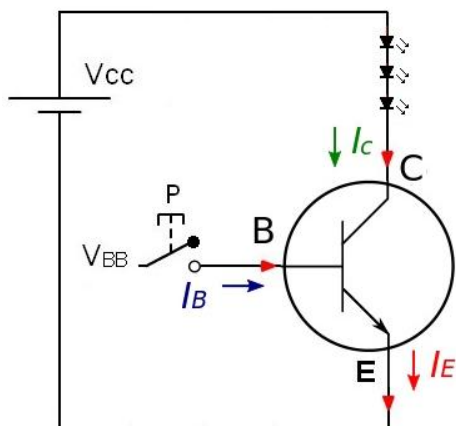


Figura 4.33 Circuito de un transistor NPN en corte

Se utilizó el MJE13007 por sus buenas prestaciones y relativamente bajo costo. El funcionamiento del transistor es que al saturarse la base, en este caso con la señal de mensaje del circuito receptor, esta dejara circular la corriente proveniente del colector hacia GND (emisor) permitiendo que los LEDs al estar conectados en serie se enciendan; al tener un nivel bajo en la base del transistor esta no permitirá la circulación de la corriente hacia tierra por lo que nuestros LEDs estarán apagados.

Para la luminaria de nuestro proyecto se pensó el uso de aproximadamente 50 LEDs conectados en serie, con el propósito de trabajar con una corriente pequeña aunque el voltaje sea un poco elevado. La conexión en serie de los LEDs nos permite aprovechar en su mayoría la tensión proporcionada por nuestra fuente, en conjunto con una corriente previamente establecida por nuestro regulador de corriente constante, que evitara variaciones en la luminosidad de los LEDs, pequeños brincos o vibraciones de luz.

En el mercado se encontró una placa pcb perforada que nos es de gran ayuda para lograr la conexión en serie de los LEDs, puesto que solo hay que colocar los diodos y soldarlos; la placa perforada dividida en 4 de manera simétrica nos provee los espacios necesarios para colocar la cantidad de 48 LEDs (6 filas x 8 columnas).

Debido a lo anterior cada luminaria contara con 48 LEDs en una placa de dimensiones de 55 X 68 mm (**Apéndice B, Figura 1**), cada diodo tendrá un consumo de corriente de 22.3 mA a 3.2 v, lo que indica que la placa de LEDs sea de una potencia de:

$$P = V * I$$

$$P = (3.2 \text{ v} (48)) * 0.0223 \text{ A}$$

$$P = 3.4253 \text{ W}$$

El receptor estará trabajando en conjunto con la lámpara, por lo que su alimentación también será proporcionada por la fuente diseñada, para esto se reevalúan los valores del capacitor de la fuente para que no afecte al rizado de la señal de alimentación. El receptor junto con el decodificador tiene un consumo de 4.2 mA en estado pasivo y 12.5mA cuando está recibiendo los datos del transmisor. Al momento de activarse para recibir los datos, este generará unos picos de hasta 17 mA por tanto, al recalcular el capacitor le agregaremos 20 mA más a la corriente máxima que debe proporcionar la fuente de alimentación.

$$C = \frac{5(0.050 + 0.020) \text{ A}}{\frac{60}{s} (184 \text{ v})}$$

$$C = \frac{0.350 \text{ A} \cdot s}{11040 \text{ v}} = 0.0000317 \text{ F} = 31.7 \text{ uF}$$

Por lo que al final nuestro capacitor será de 33uF a 250v, según la tabla de capacitores existentes en el mercado.

Un inconveniente de alimentar el receptor con la fuente de alimentación es que esta proporciona una gran cantidad de tensión contra los 5 v con los que se alimenta el receptor, el uso de un transistor regulador de voltaje es imposible debido a la gran diferencia de potencial que existe, por lo que analizaron opciones para terminar con este problema. La solución más sencilla encontrada fue hacer uso del diodo zener (Figura 4.34).

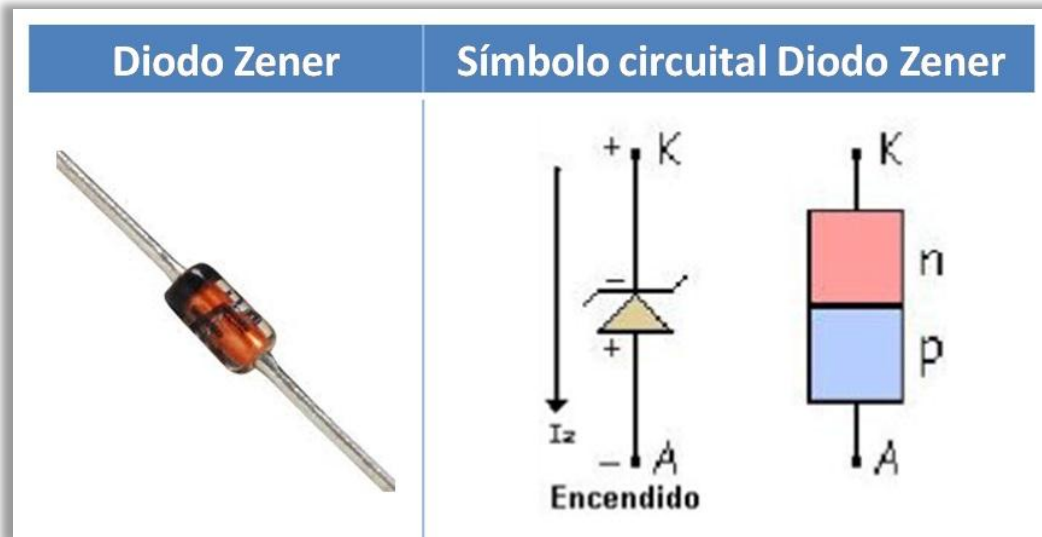


Figura 4.34 Diodo Zener

El funcionamiento del diodo zener es que al estar conectado inversamente, mantiene un voltaje constante entre sus terminales llamado voltaje o tensión zener (V_z). Al conectar el zener inversamente, y la tensión de entrada que pasa por el alcanza a V_z , el diodo conduce y provee esta tensión regulada al circuito aunque posteriormente aumentemos el voltaje de entrada (Zona de trabajo); la corriente que pasa por el zener en estas condiciones es llamada corriente zener (I_z). Figura 4.35.

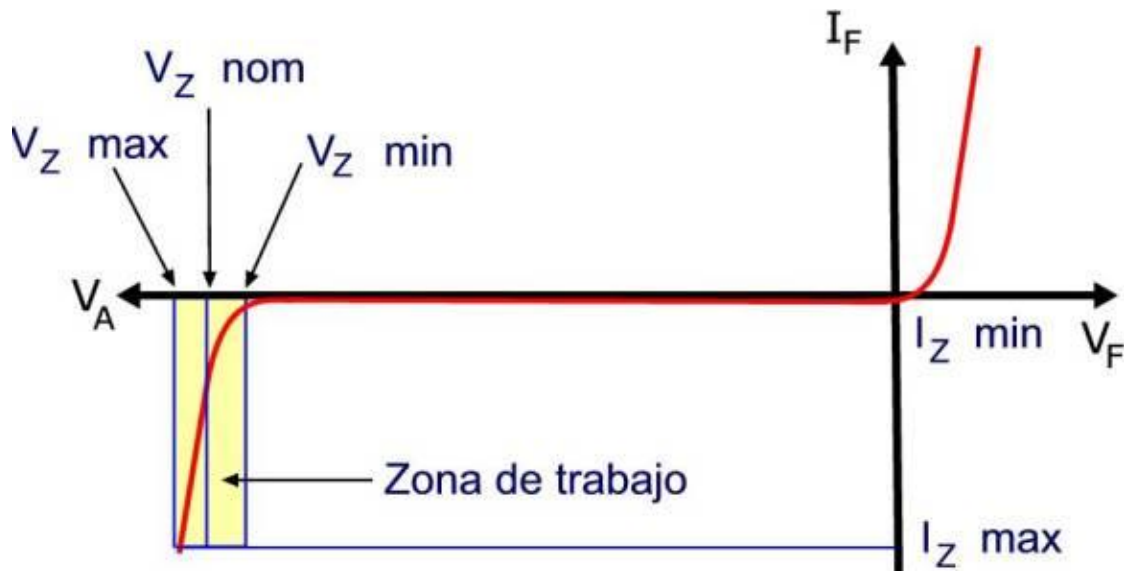


Figura 4.35 Curva de características de trabajo de un diodo zener

Para usar el diodo zener como regulador de voltaje (Figura 4.36), es necesario que el voltaje de entrada sea siempre mayor que V_Z . El voltaje de salida V_O , es igual al valor V_Z .

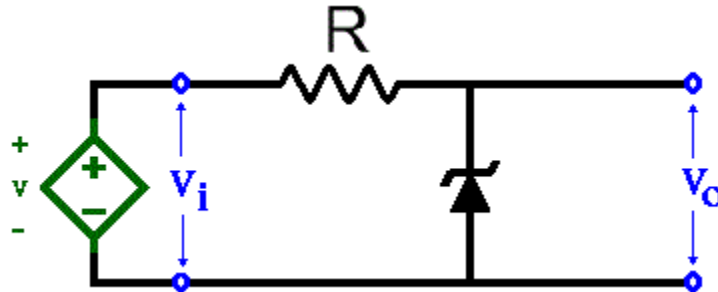


Figura 4.36 Circuito de conexión del zener como regulador de voltaje

Para un funcionamiento adecuado es indispensable conocer el valor de R o resistencia de drenado.

$$R = \frac{V_S - V_Z}{I_C + I_Z}$$

Dónde:

$V_S =$ Tension de entrada = $V_{pico\ final} = 149.6\ v_{min} \sim 184\ v_{max}$

$V_Z =$ Tension de salida que sera igual a la tension zener V_Z

$I_C =$ Tension de corriente minima del circuito que se conectara al diodo zener

$I_Z =$ Tension de corriente del zener, habitualmente un 10% de I_{Zmax}

Para calcular la corriente máxima que soporta el zener es necesario saber la potencia del zener y su V_Z . Por facilidad de disposición trabajaremos con un zener de $V_Z = 5.1v$ y una potencia de $P_Z = 1w$, por lo que procederemos a calcular I_{Zmax}

$$I_{Zmax} = \frac{P_Z}{V_Z}$$

$$I_{Zmax} = \frac{1w}{5.1v} = 0.196\ A$$

Por tanto:

$$I_Z = 10\% I_{Zmax}$$

$$I_Z = 0.196 * 0.1 = 0.0196 A \sim 0.02A$$

Sustituyendo la ecuación para el cálculo de R tenemos:

$$R = \frac{V_S - V_Z}{I_C + I_Z}$$

$$R = \frac{184v - 5.1v}{0.020 A + 0.0042 A}$$

$$R = \frac{178.9v}{0.0242 A} = 7396.7 \Omega = 7.4 k\Omega$$

En el mercado no existe este valor de resistencia, por lo que se colocara una resistencia de valor mayor inmediato disponible. La resistencia a utilizar será de $8.2 k\Omega$. Dando como resultado que el regulador del diodo zener nos dará un voltaje al circuito de $5.1 v$ y tendrá la capacidad de proporcionar una corriente máxima de:

$$I_{Cmax} = \frac{V_S - V_Z}{R}$$

$$I_{Cmax} = \frac{184v - 5.1v}{8200 \Omega} = \frac{178.9 v}{8200 \Omega} = 0.0218 A \sim 0.022 A$$

Y tendrá la capacidad de proporcionar una corriente máxima a un voltaje mínimo de entrada ($149.6 v_{min}$).

$$I_{Cmin} = \frac{V_{Smin} - V_Z}{R}$$

Donde

$$V_{Smin} = 149.6 v$$

$$I_{Cmax} = \frac{149.6v - 5.1v}{8200 \Omega} = \frac{144.5 v}{8200 \Omega} = 0.0176 A \sim 0.018 A$$

Lo que podemos decir de estos cálculos es que el regulador con el diodo zener satisfecerá completamente las necesidades de alimentación del receptor RF junto con el decodificador HT12D que consumen un mínimo de 4.2 mA en estado pasivo y 12.5 mA en estado activo, incluso soportara los picos de 17 mA que suelen tener; además el circuito regulador estará trabajando aunque los niveles de tensión de entrada sean bajos según el suministro eléctrico (110v AC).

Además de calcular el valor de la resistencia que apoyara al diodo zener, debe calcularse la potencia de esta, ya que tendrá que disipar una gran cantidad calor producido por la corriente que pasa sobre esta y la gran diferencia de tensión entre V_S entrada y V_Z .

Para hacer el cálculo se usa la siguiente formula usando los valores máximos de los voltajes de entrada:

$$P_{max} = \frac{(V_{Smax} - V_Z)^2}{R}$$

$$P_{max} = \frac{(184v - 5.1v)^2}{8200 \Omega}$$

$$P_{max} = \frac{(178.9 v)^2}{8200 \Omega} = \frac{32005.21 v}{8200 \Omega} = 3.90 w$$

Esto nos indica la potencia máxima que tendrá que disipar nuestra resistencia, en el mercado se encuentran resistencias de 8.2 kΩ a 5, 7 y 10 w. En la práctica por seguridad se elegirá una resistencia del doble de potencia a lo calculado por lo que dispondremos a usar una resistencia de 7 w o 10 w.

Para realizar las pruebas de funcionamiento de nuestra fuente es necesario que se trabaje en conjunto con los LEDs, puesto que dicha fuente está diseñada para su alimentación. Una vez teniendo los componentes adecuados (Previamente calculados), para la realización de la fuente, haremos nuestras conexiones en una placa de pruebas protoboard para observar su funcionamiento, destacando cada una de las etapas en las que se dividió el diseño de nuestra fuente (Figura 4.37). Para esto usaremos el diagrama de conexión que se encuentra en el **Apéndice A, Figura 4**.

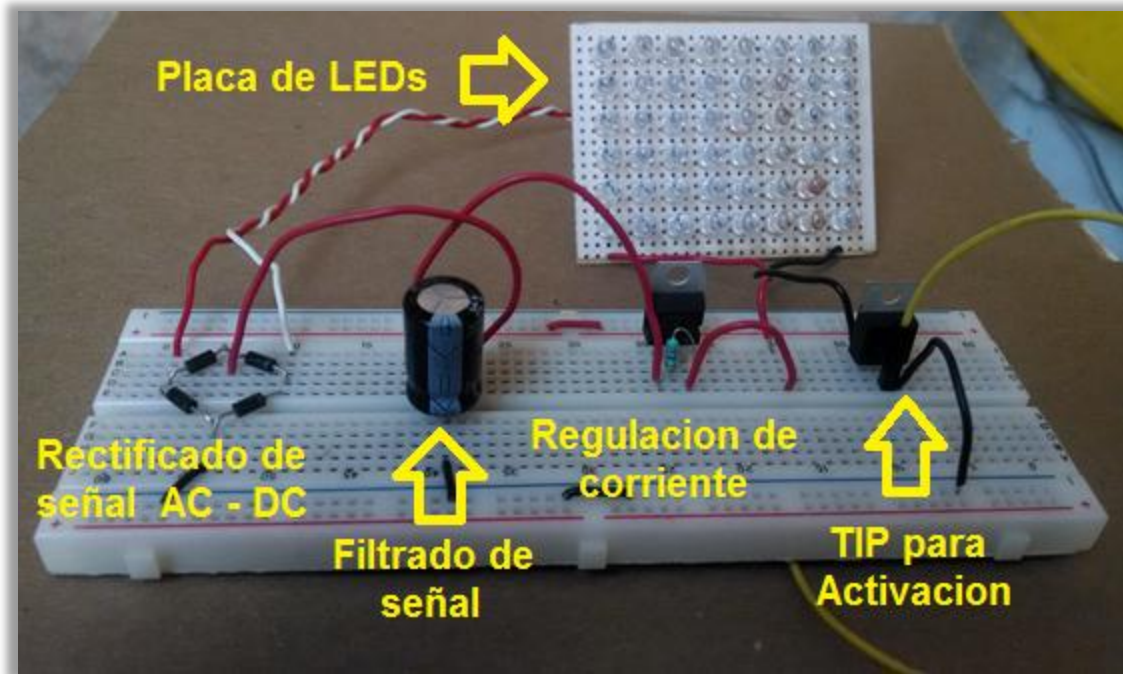


Figura 4.37 Circuito montado sobre la protoboard mostrando etapas de la fuente de alimentación

En la imagen se indica cada una de las partes que componen una fuente de alimentación lineal:

- Rectificado de señal: Puente de diodos
- Filtrado de señal: Capacitor electrolítico de $33 \mu F$
- Regulador de corriente: Transistor LM317
- Conmutador de encendido: TIP MJE13007
- Placa de LEDs

Una vez probada nuestra fuente, observamos un funcionamiento positivo, ya que la placa de LEDs enciende adecuadamente como se muestra en la figura 4.38. Se toman los valores de corriente y voltaje de suministro de la fuente hacia los LEDs.

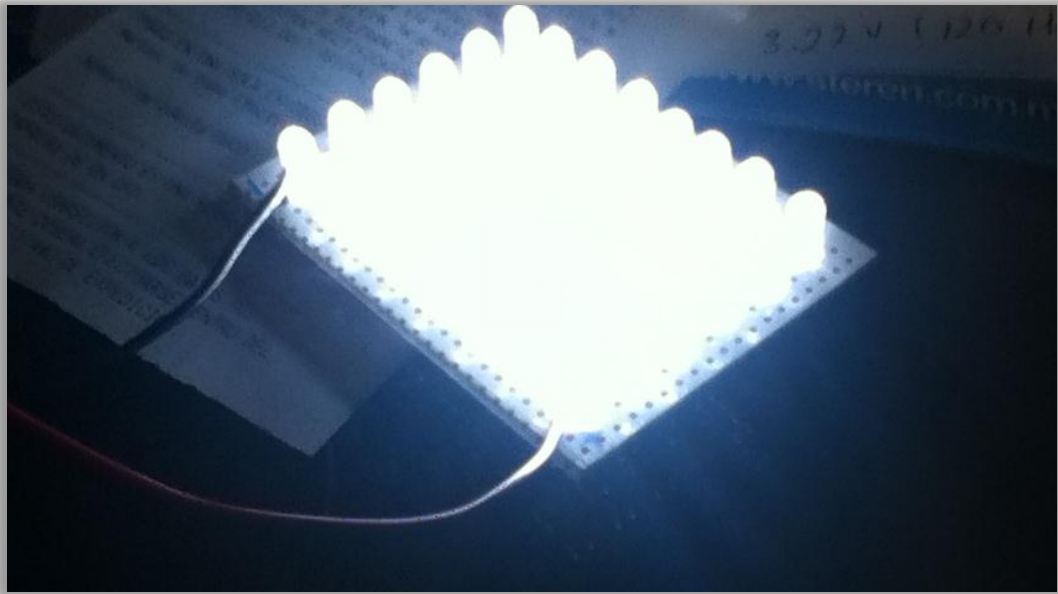


Figura 4.38 Muestra de funcionamiento de placa de LEDs

Las lecturas arrojadas fueron de:

- Voltaje de un LED = 3.23v estables (Sin variación), lo que nos da como resultado un total de 156.1 v proporcionados por la fuente a la placa de LEDs.
- Corriente de consumo de la placa de LEDs = 22.24 mA. La variación con el resultado teórico se debe a la exactitud del valor de las resistencias (+/- 56 Ω).

Lo que nos da como conclusión que el diseño de la fuente ha sido exitoso, debido a que los LED, trabajan en los niveles adecuados de funcionamiento.

Una vez que se ha aprobado la fuente de alimentación, y corroborado los resultados con los datos teóricos, se procedió a agregarle una placa de LEDs mas, con la finalidad de tener una mayor iluminación en nuestra lámpara domótica. Para hacer esto posible, es necesario recalcular el valor del capacitor de filtrado, ya que tenemos nuevos datos teóricos de consumo. Para agregarle otra placa de LEDs, es necesario considerar el tipo de conexión que se va a realizar para alimentar las dos placas juntas. Debido al alcance de suministro nos será imposible conectar las dos placas en serie, ya que nos demandaría en la fuente una tensión de por lo menos 315v DC, niveles que no podremos proporcionar debido al suministro eléctrico de 120 v; lo que nos deja como única opción conectar en paralelo las placas, para esto tenemos dos posibles maneras:

- Recalcular el valor de la resistencia del regulador de corriente, para que proporcione el doble de corriente (recordemos que al estar conectados en paralelo las corrientes se suman).
 - Ventajas: Reduce costo y espacio ya que no necesita de más componentes para funcionar.
 - Desventajas: Al proporcionar el doble de corriente, en dado caso que una placa deje de funcionar por algún motivo, la otra placa se verá afectada por el golpe de corriente (El doble del que necesita) y provocara fallas en la segunda placa, incluso destrucción de los LEDs.

- Agregar la placa como un módulo independiente, esto es, un nuevo regulador de corriente y TIP de conmutación, activando ambos por la misma señal proveniente del receptor RF.
 - Ventajas: Al ser un módulo independiente su funcionamiento o desactivación no se reflejara en la segunda placa de LEDs, permitiéndoles operar de forma independiente.
 - Desventajas: Incremento de espacio y costo por los componentes extras que se añadirán.

Por fines prácticos y de seguridad, se eligió conectar la segunda placa de LEDs de manera independiente, como un módulo extra, por las ventajas que proporciona esto, ya que aunque una llegue a fallar nada se verá afectado más que los componentes con los que trabaja.

Una vez decidido esto se procede solo a recalcular el valor del capacitor de filtrado, anteriormente teníamos que:

$$C = \frac{I_{pico}}{f(V_{max})}$$

$$C = \frac{5(0.050 + 0.020) A}{\frac{60}{s} (184 v)}$$

$$C = \frac{0.350 A \cdot s}{11040 v} = 0.0000317 F = 31.7 \mu F$$

Por lo que al final, a la corriente se le aplicara un consumo de 30 mA extras dando:

$$C = \frac{5(0.050 + 0.020 + 0.030) A}{\frac{60}{s} (184 v)}$$
$$C = \frac{0.500 A \cdot s}{11040 v} = 0.00004529 F = 45.3 \mu F$$

En el mercado no existe un capacitor con estas características por lo que se consideró conectar en paralelo un capacitor de 33.3 μF mas uno de 22 μF , dando como resultado 55.5 μF , que es el valor más cercano que le podíamos implementar en nuestra fuente.

Ya recalculados los valores del capacitor se procede agregarle al diagrama de conexión de la fuente el módulo de LEDs adicional (**Apéndice A, Figura 5**). Se conectan todos los componentes en una protoboard (Figura 4.39).

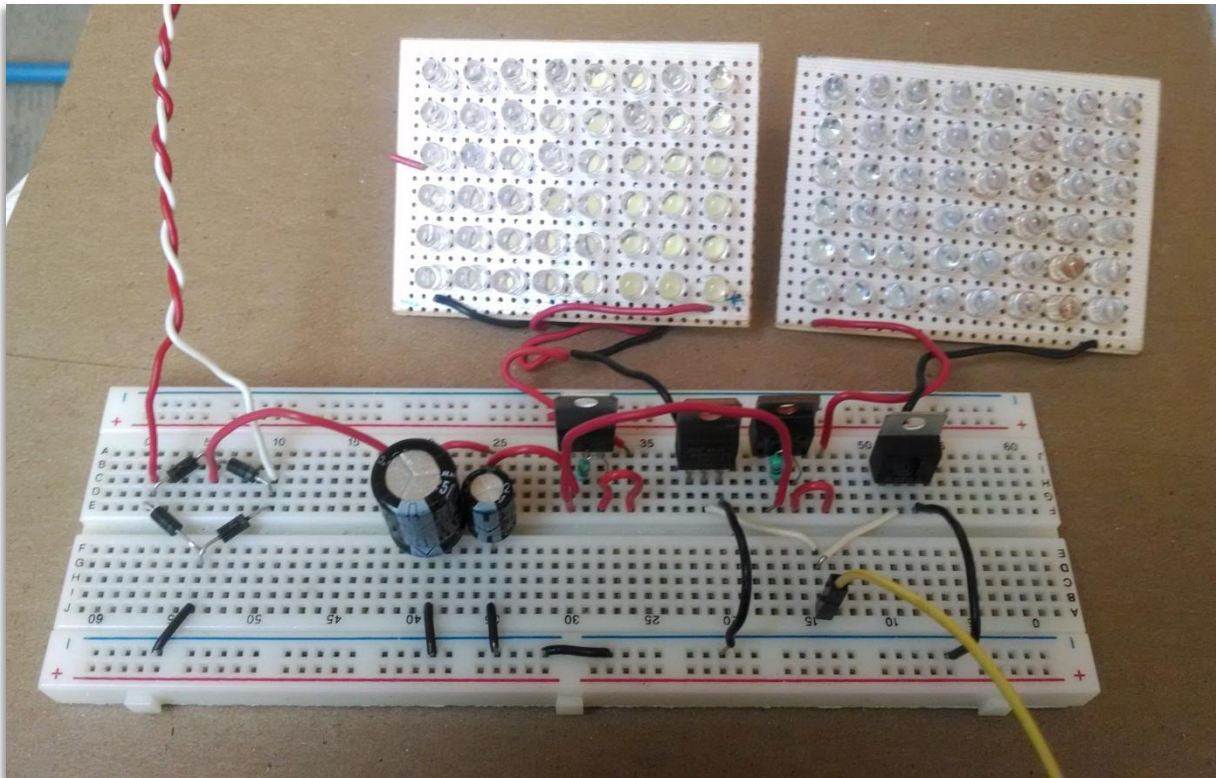


Figura 4.39 Fuente de alimentación con componentes de iluminación extras

En la imagen se muestra en una placa de pruebas protoboard, la conexión de nuestra fuente de alimentación actualizada, se observan los dos capacitores (De $33\ \mu F$ y $22\ \mu F$ respectivamente), el regulador de corriente y el TIP de activación adicionales, junto con la segunda placa de LEDs, podemos observar que el encendido de ambas placas se activa con la misma señal proveniente del circuito receptor (Cable amarillo).

En la Figura 4.40 se observa la conexión del receptor RF y su CI decodificador, junto con el diodo zener y su resistencia de descarga. El diodo LED representa la señal de “mensaje” enviada por el transmisor; para nuestros propósitos, la señal que va a dicho LED, será enviada al pin de activación de los TIP MJE007, que servirán como conmutadores para encender las placas de LEDs.

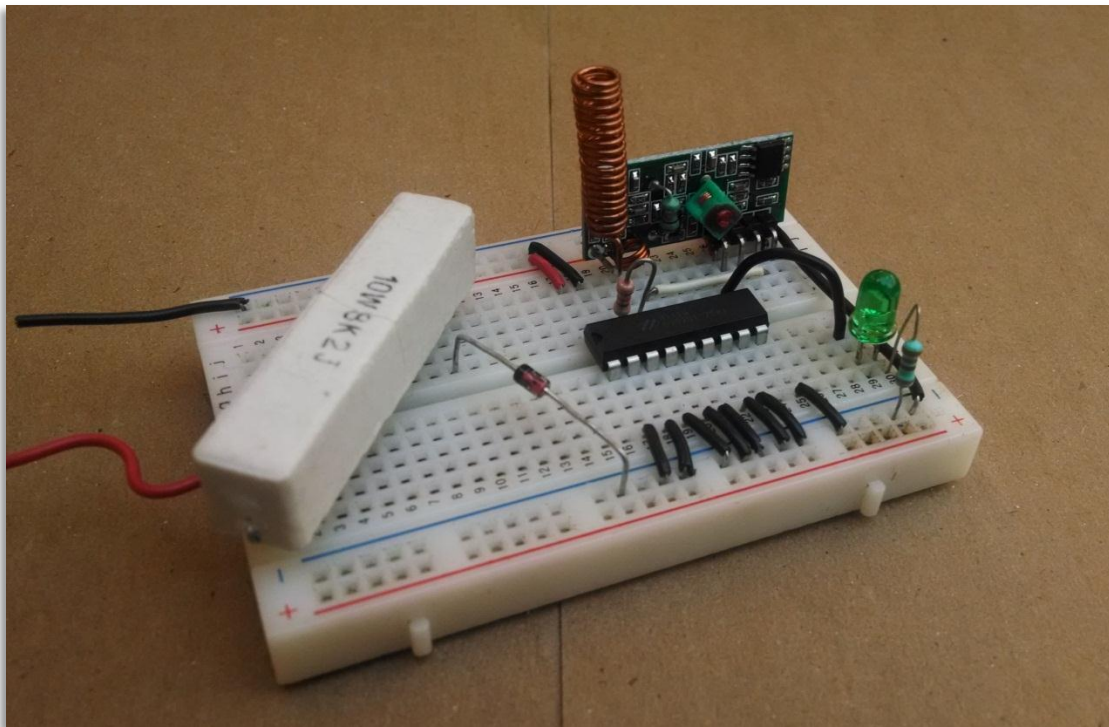


Figura 4.40 Modulo de receptor con regulador zener sobre protoboard

El siguiente paso es la conexión de nuestro circuito receptor, en conjunto con el diodo zener y su resistencia que ya ha sido calculada. Para esto nos basaremos en el circuito de conexión original realizado anteriormente, agregándole la configuración de conexión del zener y su resistencia, ya que para la alimentación del receptor, tiene que estar conectado en paralelo con el zener; el diodo por su parte debe conectarse inversamente y en serie con su resistencia. Observar el diagrama de conexión **Apéndice A, Figura 6**.

Se conectan ambos circuitos para probar su funcionamiento en conjunto y observar sus niveles de trabajo. Figura 4.41

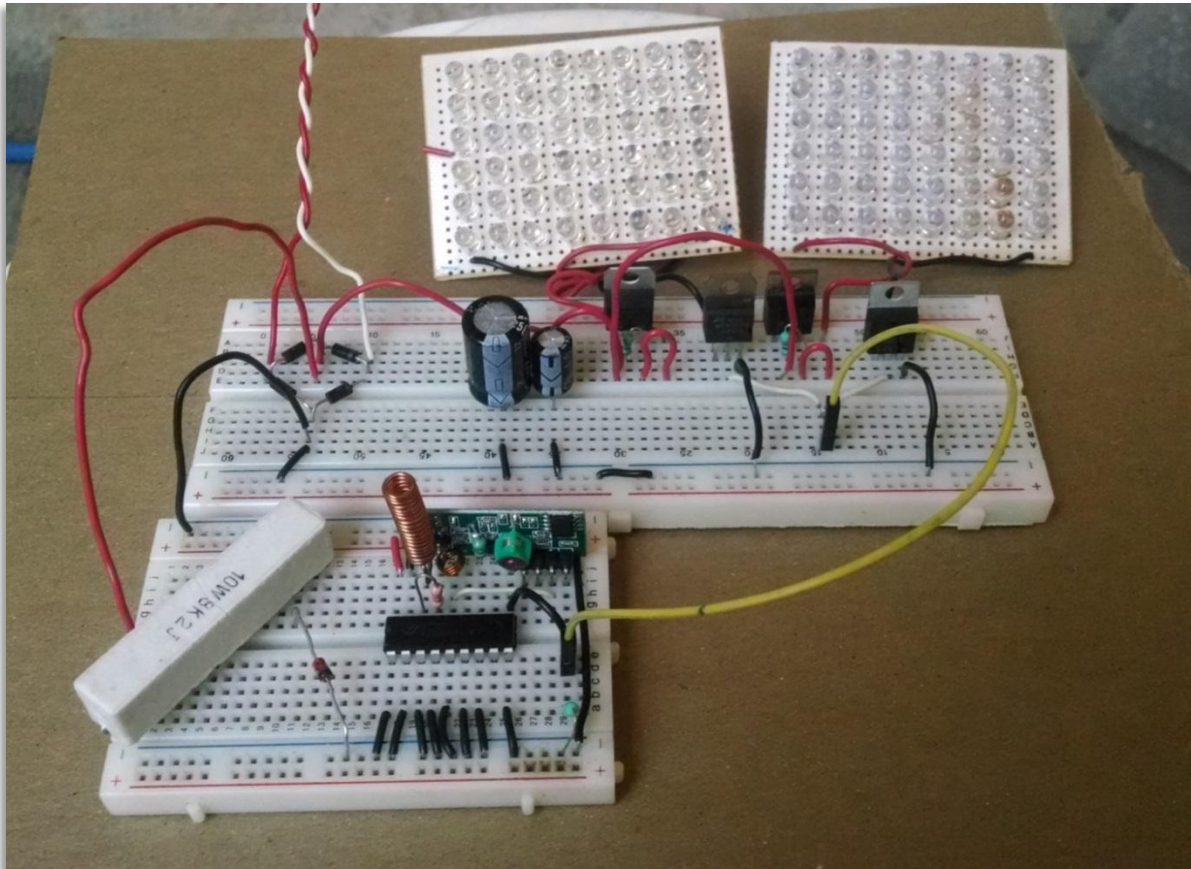


Figura 4.41 Fuente de alimentación, placa de LEDs y modulo receptor

En la imagen se observan las placas de LEDs, la protoboard que contiene los elementos de la fuente de alimentación, y la placa de pruebas con el receptor RF, todos conectados entre sí a la “fuente de alimentación”.

Realizadas las pruebas de funcionamiento en conjunto se miden los niveles de voltaje y de corriente:

- Por parte de las placas de LEDs, su nivel de voltaje es constante a 3.23v y la corriente medida es de 22.23 mA para ambas placas.
- En el circuito receptor, el voltaje medido es de 5.1v ~ 5.2v y la corriente varia de 4.5 mA a 18 mA según el estado en el que se encuentre el receptor, si recibe datos y/o si mantiene en nivel alto la señal de activación.



CAPÍTULO 5

DESARROLLO DE PROTOTIPO

“Los hombres geniales comienzan grandes obras, los hombres trabajadores las terminan”

Ya teniendo todo nuestro sistema funcionando en conjunto sobre placas protoboards, se procede a la construcción y fabricación de placas de circuito impreso PCBs (Printed Circuit Board por sus siglas en inglés), para poner en funcionamiento un prototipo final, para ello también se desarrolla una nueva aplicación más completa cubriendo los objetivos del proyecto, además, se realiza un diseño de la luminaria para la presentación del sistema domótico.

Para iniciar se cuenta con los diagramas de conexión finales, que fueron actualizados tras la última prueba de funcionamiento de los módulos. Para fabricar los circuitos PCBs, hay distintas maneras de realizar el proceso, y abarcan desde técnicas caseras que requieren un proceso con un toque artesanal, hasta las fabricadas en serie por medio de láser, o maquinaria de producción, como lo es la fresadora CNC por mencionar algunas.

Ya que se piensa la producción de varios conjuntos de circuitos, para la realización de nuestros PCBs de la fuente de alimentación y el circuito receptor, se utilizó la técnica de serigrafía, ya que esta nos permite imprimir el mismo diseño del circuito electrónico, sobre varias placas fenólicas (Placas comúnmente de acrílico de 2mm de grueso con una capa de cobre de 0.25 mm de espesor aproximadamente), logrando excelentes resultados y de manera más rápida.

Para iniciar se realizan los diseños del circuito, basándonos en los diagramas de conexión y los componentes que se necesitan; para realizar diseños de circuitos hay distintos programas que facilitan nuestro objetivo, teniendo a disposición distintas herramientas de diseño, como el modelado 3D previo a la impresión, lista de componentes mejor actualizada entre otras, todas sirven para lo mismo, todo depende del gusto del diseñador. En nuestro caso utilizaremos el programa PROTEUS, que a su vez se compone de dos interfaces de diseño: ARES e ISIS.

Para realizar nuestro circuito, primeramente en la interfaz de ISIS se realizan las conexiones de los componentes que se utilizaran, exactamente igual a como se encuentran en nuestro diagrama de conexión **Apéndice A, Figura 7**, utilizando los mismos componentes que se encuentran disponibles en las librerías del programa; en caso de no encontrar el componente específico, se utilizara uno genérico que cuente con las mismas características en cuanto pines de conexión y distancia entre ellos.

Realizado nuestro diagrama de conexión en ISIS), se procede a importar los componentes así como su conexión, a la interfaz de ARES. En esta interfaz, se realiza el diseño de las pistas del circuito y colocación de los componentes, cuidando que no haya

cruces entre las conexiones; el diseño debe ser lo más ingenioso posible para que se logre una PCB con buena distribución de los espacios.

Las placas fenólicas que se van utilizar cuentan con medidas de 10 X 10 cm. El circuito que se diseñe debe tener como límite estos 10 cm de ancho o alto según sea el caso; en correspondencia con estas medidas, nuestra placa de la fuente de alimentación contara con las medidas de 10 cm ancho, por 3.3 cm de alto, pensado así, para obtener 3 circuitos PCBs por cada placa fenólica usada. Observar **Apéndice B, Figura 2**, que muestra el diseño de las pistas en la plataforma ARES y sus dimensiones.

Ya que se tiene el diseño de las pistas, se procede a hacer la impresión del circuito, para ello se importa desde ARES como documento PDF listo para su impresión. Como se va a realizar la técnica de serigrafía, se necesita que el circuito sea impreso sobre hojas de acetato, ya que en el velado de la malla se necesitan los contrastes de color negro sobre una base transparente. Se realizó la impresión de positivo de los circuitos en una casa de diseño, ya que la imagen que resultante tiene mucho mejor contraste (Figura 5.1).

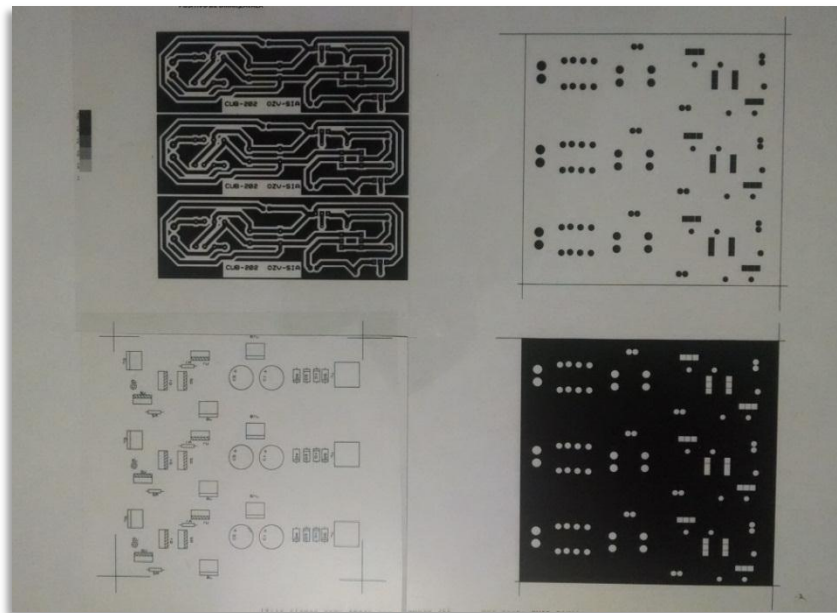


Figura 5.1 Positivos de los diagramas PCBs de la placa de la fuente

Para hacer el velado de la malla de impresión, se necesitan dos componentes, que resultan en una mezcla fotosensible que se esparce sobre el cuadro de impresión, esta mezcla al ser tocada por los rayos de luz, ocurrirá un efecto de catalización y quedara pegada sobre la malla tapando los poros de ella, las partes que no reciban la luz no les ocurrirá este efecto químico por lo que podrán ser retiradas de la malla fácilmente con

ayuda de un poco de agua con corriente y los poros estarán libres para que se pueda realizar la impresión con la tinta. Una vez vertido de forma uniforme y secado de la mezcla, el siguiente paso es velar la impresión, para esto nuestro circuito impreso en acetato se coloca sobre la malla y ambos se introducen en una máquina de velado, (Al no tener disposición de una se realizó con la luz directa del sol, observar la Figura 5.2).



Figura 5.2 Grabado del diagrama sobre la malla de serigrafía

Ya que se terminó con el velado de la malla con el diseño del circuito, se quita la masilla que no reacciono con la luz puesto que las partes oscuras de nuestro acetato no lo permitieron (Figura 5.3). Ya teniendo revelada la imagen de nuestro circuito sobre la malla, se procede a hacer la impresión de estas sobre las placas fenólicas con tinta especial para serigrafía, esta tinta resiste ataques químicos, por lo que nos servirá al momento de revelar la placa.

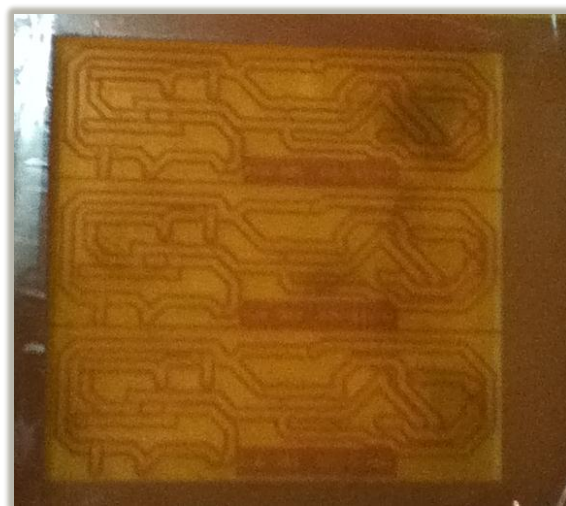


Figura 5.3 Malla grabada con la imagen del circuito PCB

Con este método, una vez teniendo listo el cuadro o malla de impresión con el diseño que queremos imprimir, se pueden reproducir cuantas imágenes se requieran o necesiten de forma continua y rápida, teniendo en todas ellas el mismo diseño de impresión. Para nuestro propósito se realizó la impresión sobre 4 placas fenólicas, lo que nos da un total de 12 circuitos PCBs de la fuente de alimentación (Figura 5.4).



Figura 5.4 Placas impresas por serigrafía

Ya teniendo nuestras placas impresas, se procede a la revelación del grabado sobre ellas, para esto con las precauciones adecuadas se sumergen sobre Acido férrico, para que diluya las partes de cobre que se encuentran expuestas, el cobre que está cubierto por la tinta quedara intacto. Figura 5.5.

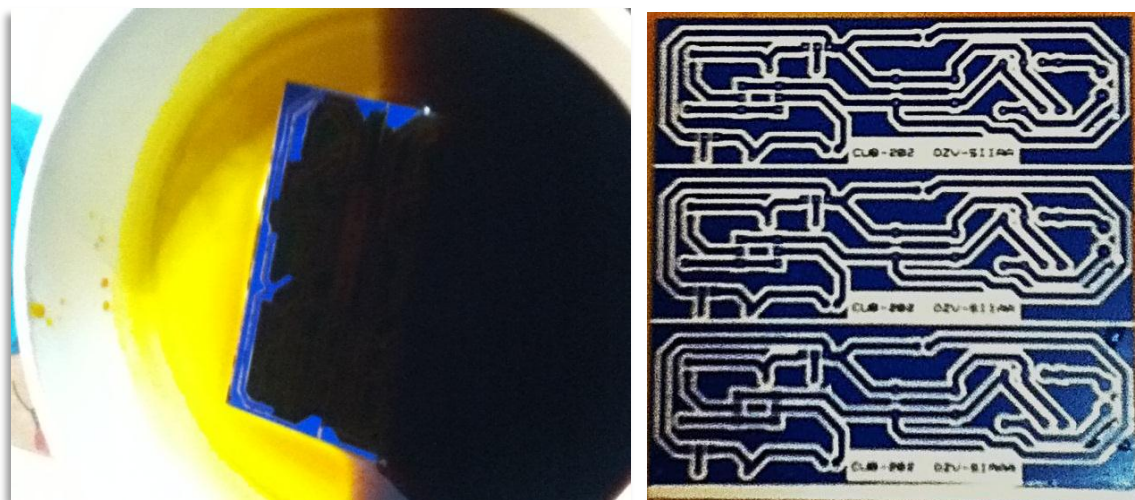


Figura 5.5 Revelado de la placa con ácido férrico

Terminado el proceso de revelado, se utiliza un disolvente como el thinner para limpiar la tinta de las placas fenólicas, dando como resultado nuestros circuitos impresos listos para aplicarles una protección (Figura 5.6).

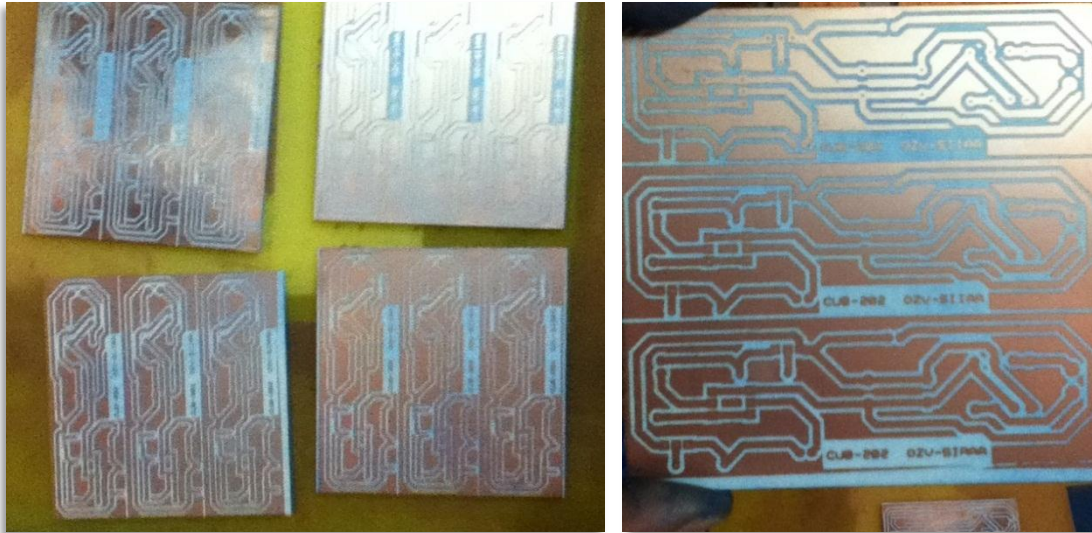


Figura 5.6 Placas reveladas y grabadas con el circuito PCB

Como medida de protección de las pistas para evitar que el cobre se oxide y/o se genere sarro sobre el mismo que pueda provocar un futuro corto, se le coloca una máscara antisoldante. El diseño de esta máscara “antisoldante” nos la genera el mismo programa de ARES, por lo que el proceso realizado anteriormente de velado de la malla se repite, solo que esta vez el diseño a imprimir es una capa protectora para el cobre de nuestros PCBs (Se utilizara la misma tinta plástica de impresión), que deja al descubierto los puntos donde se realiza el soldado de los componentes. Figura 5.7

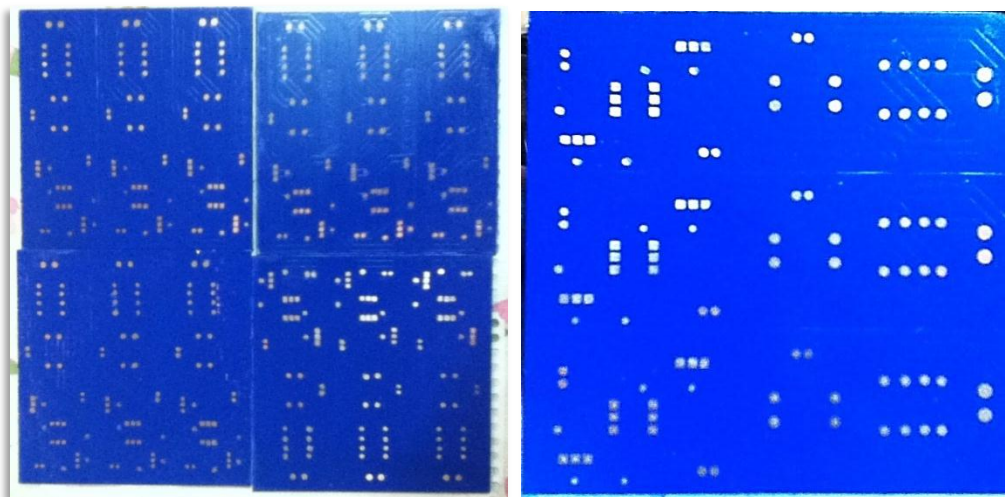


Figura 5.7 Placas con capa protectora “antisoldante”

Terminados los procesos de impresión de los circuitos impresos PCBs, con la ayuda de una caladora y hoja de corte tipo segueta, se hacen los cortes para dividir los circuitos, dando como resultado placas de 10 cm de ancho por 3.3 de alto, con el circuito que nosotros diseñamos y protegido con una capa antisoldante.

Por ultimo solo se realiza la perforación de los orificios en los que se insertaran nuestros componentes electrónicos, para posteriormente ser soldados a la placa con soldadura de estaño, los orificios se realizan con un mini taladro DREMEL y brocas se 1/64 y 1/32, según corresponda al espesor de las “patas” de los componentes.

Para nuestro circuito receptor, realizamos exactamente el mismo proceso para la realización del PCB que se desarrolló en la fabricación del circuito impreso de la fuente de alimentación, con sus respectivos diagramas de conexión y diseño de las pistas que sobre las placas fenólicas (Figura 5.8). Observar **Apéndice B, figura 3**.

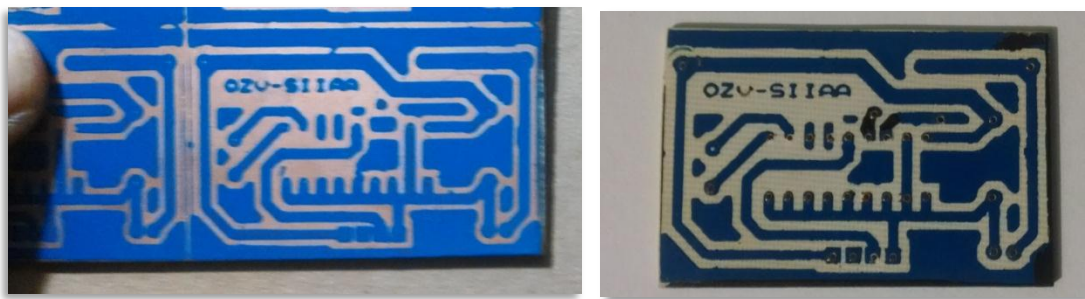


Figura 5.8 Placas grabadas del circuito receptor

Una vez teniendo las placas cortadas a la medida y perforadas, el último paso es la inserción de los componentes en los lugares que correspondan para ser soldados y terminar con nuestro proceso de fabricación de los PCBs de la fuente de alimentación y el circuito receptor, Figura 5.9.



Figura 5.9 PCBs de receptor y fuente para pruebas piloto

A continuación se muestran varios juegos de PCB's terminados con las piezas soldadas y listos para ser usados, Figura 5.10.



Figura 5.10 Conjuntos de PCBs producidos en serie

Una vez que se desarrollaron las placas PCBs de la fuente de alimentación y el circuito receptor, se procedió a verificar el funcionamiento de estas en conjunto con todas las partes del sistema domótico ya desarrolladas, para esto, se utilizó la aplicación realizada para el móvil y el arduino para realizar nuestras pruebas piloto, Figura 5.11 y Figura 5.10

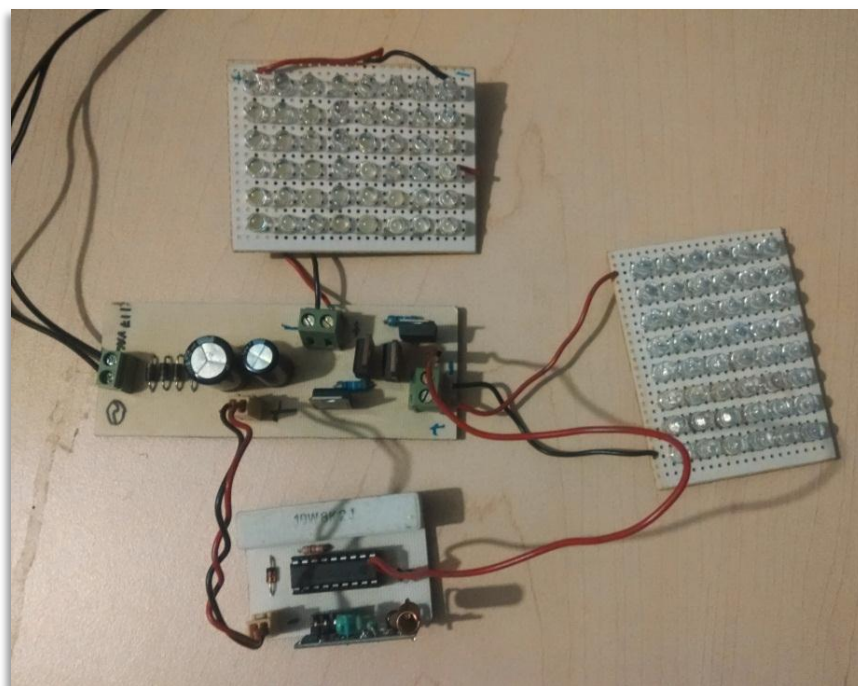


Figura 5.11 Pruebas con la fuente, LEDs y receptor en conjunto

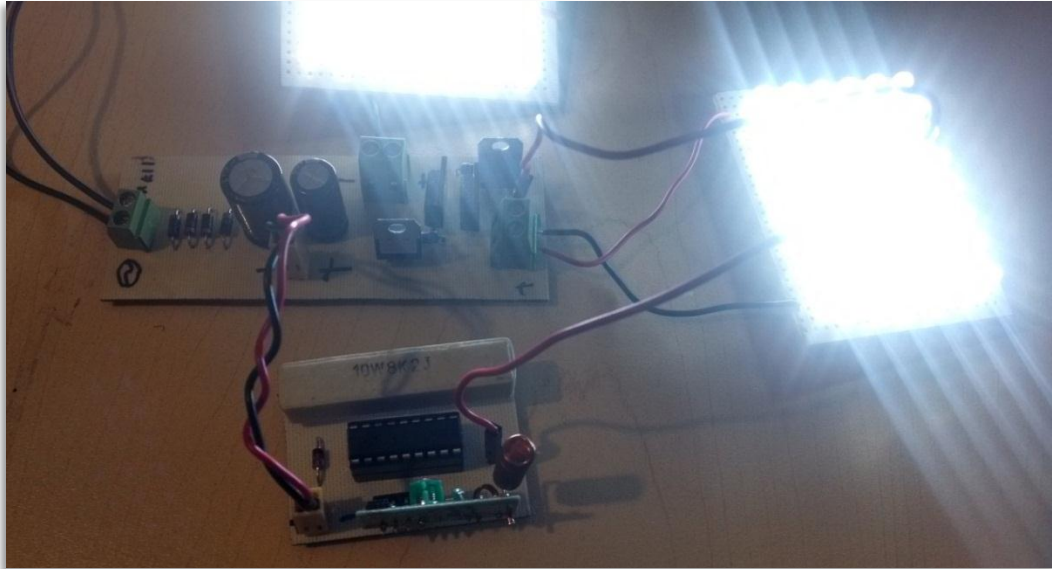


Figura 5.12 Pruebas con la fuente, LEDs y receptor en conjunto

Ya realizadas las pruebas correspondientes, pudimos verificar que nuestro proceso para desarrollar los circuitos de la fuente de alimentación y el receptor, así como sus diagramas de conexión fueron los adecuados, ya que el sistema funciona como se había previsto. Teniendo esto podemos dar el siguiente paso del desarrollo del sistema domótico.

5.1 CONTROLADOR Y TRANSMISOR

Tras haber fabricado los PCBs de todo el módulo receptor, se planteó la posibilidad de unir la placa de pruebas arduino con sus respectivos módulos bluetooth y transmisor a una misma base o placa; indagando dentro de los foros de internet sobre arduino, se encontró la posibilidad de hacer uso del ATMEGA328 por separado, solo había la necesidad de añadirle un par de componentes para que pueda trabajar, esencialmente el cristal que necesita para el procesamiento de los datos.

Al tratarse de la implementación de una sola lámpara, la cual vamos a controlar, el código fuente no cambiara, sin embargo, a la configuración de su conexión, se le agregara la versatilidad para manipular más módulos receptores, para que en un futuro, al tratarse de controlar otras lámparas con diferentes direcciones físicas, pueda realizarse la manipulación de estas, agregando unas líneas extras al programa del microcontrolador, principalmente para el control de los pines dedicados a la dirección.

Al diagrama de conexión encontrado para que el microcontrolador pueda trabajar por separado, se le añadieron los diagramas de conexión de los módulos con los que trabajara, dando como resultado un diagrama más complejo; este diagrama es la unificación de los módulos con el CI ATMEGA, por lo que podríamos fabricar una PCB, compacta y funcional, que pueda reemplazar la placa de arduino, reduciendo costos y espacios que estos generaban por separado.

Teniendo el debido mapa de conexión, se procedió a la realización del PCB, esta vez se utilizó una técnica diferente, ya que no era necesario que se fabricara más de una placa; aunque se utilizó un método diferente el principio básico es el mismo.

La técnica utilizada se le llama “Transferencia por calor” o “Método de planchado”; como su nombre lo indica, consta de transferir la impresión de las pistas en una hoja de papel transfer hacia la placa fenólica, usando el calor que, en este caso es proporcionado por una plancha eléctrica para ropa.

Para realizar nuestro siguiente circuito impreso, al igual que el método de serigrafía, se realiza el diagrama de conexión del **Apéndice A, Figura 8**, utilizando ya el circuito integrado Atmega como nuestro controlador para verificar su correcto funcionamiento. Posteriormente se realiza la simulación de conexión en el programa ISIS con todos sus componentes (Obsérvese **Apéndice A, Figura 9**), para que así pueda ser exportado a la plataforma ARES para el diseño de las pistas y la placa PCB el cual se muestra en el **Apéndice B, Figura 4**. Una vez realizado esto se imprimen en hojas de papel transfer específicamente con impresora láser, ya que la tinta se maneja por calor, el papel “transfer” se consigue en las tiendas de electrónica, en el debido caso de no disponer con estas hojas, se utilizan hojas de papel cuché, Figura 5.13.

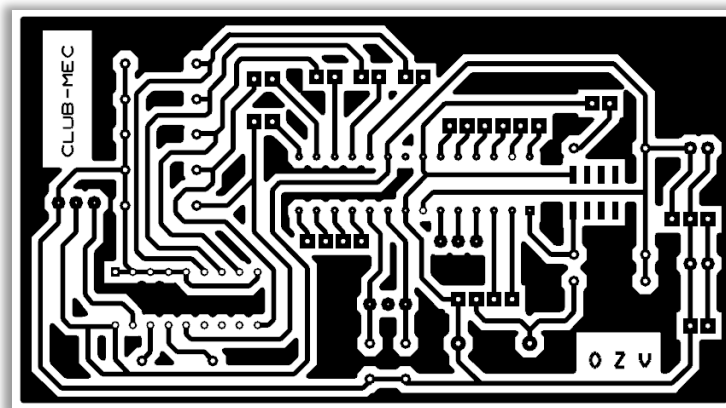


Figura 5.13 Diagrama PCB de los módulos RF, BT y ATMEGA para imprimir en papel transfer

Teniendo el diseño de las pistas impreso sobre el papel, este se coloca sobre la cara de cobre de la placa fenólica, y se sostiene con la ayuda de cinta, para que no se mueva. Una vez realizado esto se plancha literalmente la hoja de papel sobre la placa, ejerciendo presión, y tallando el área del dibujo (Figura 5.14). Tras haber planchado la placa por un tiempo considerable esta se mete a remojar en un recipiente con agua, para que el papel se desprenda de la placa fenólica, y deje impreso el diseño sobre el cobre.



Figura 5.14 Planchado de la placa fenólica con el diagrama PCB

Cuando se tiene la impresión impregnada sobre el cobre, con la ayuda de un marcador de aceite, se repasan las partes que en su defecto no se hayan transferido bien. Ya reforzado la impresión sobre la placa, esta se revela en ácido férrico, para que el cobre donde no haya tinta sea diluido. Figura 5.15

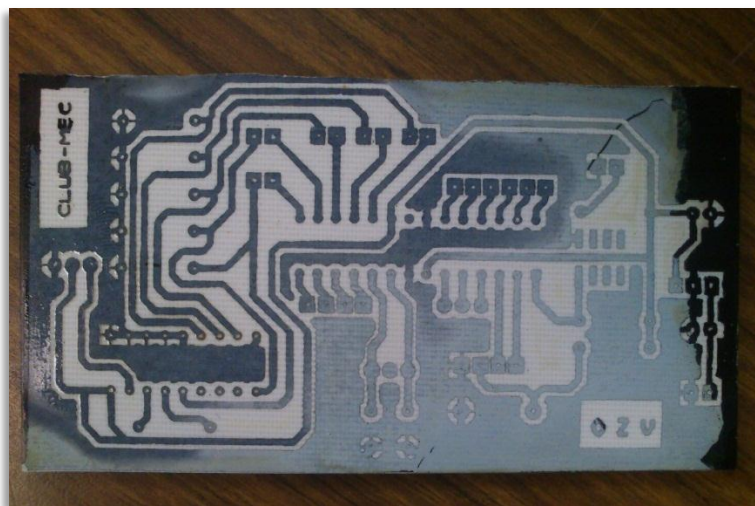


Figura 5.15 Impresión sobre placa tras planchado

Por último, la tinta de la impresión es limpiada con algún solvente como thinner, y se procede a la perforación de los orificios donde irán incrustados nuestros componentes, para después ser soldados. Figura 5.16

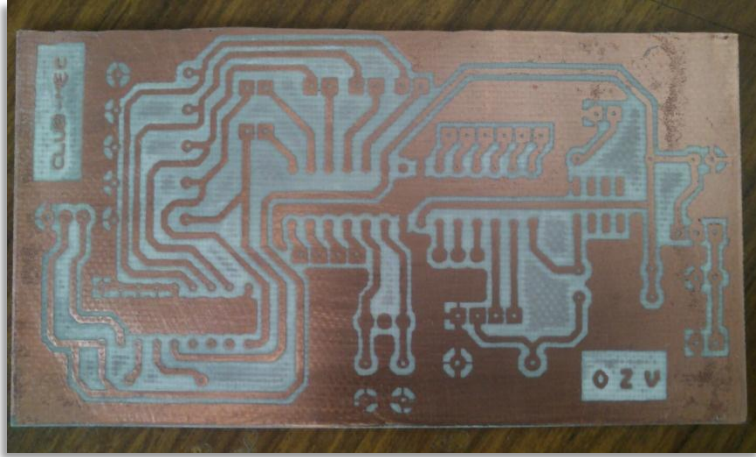


Figura 5.16 Grabado de placa fenólica con el diagrama diseñado

Ya teniendo nuestra placa PCB de control y transmisión, se coloca sobre una base de acrílico para ser manipulada sin correr el riesgo de que se genere algún corto entre los circuitos, al colocarlo sobre una superficie o espacio de trabajo, Figura 5.17.

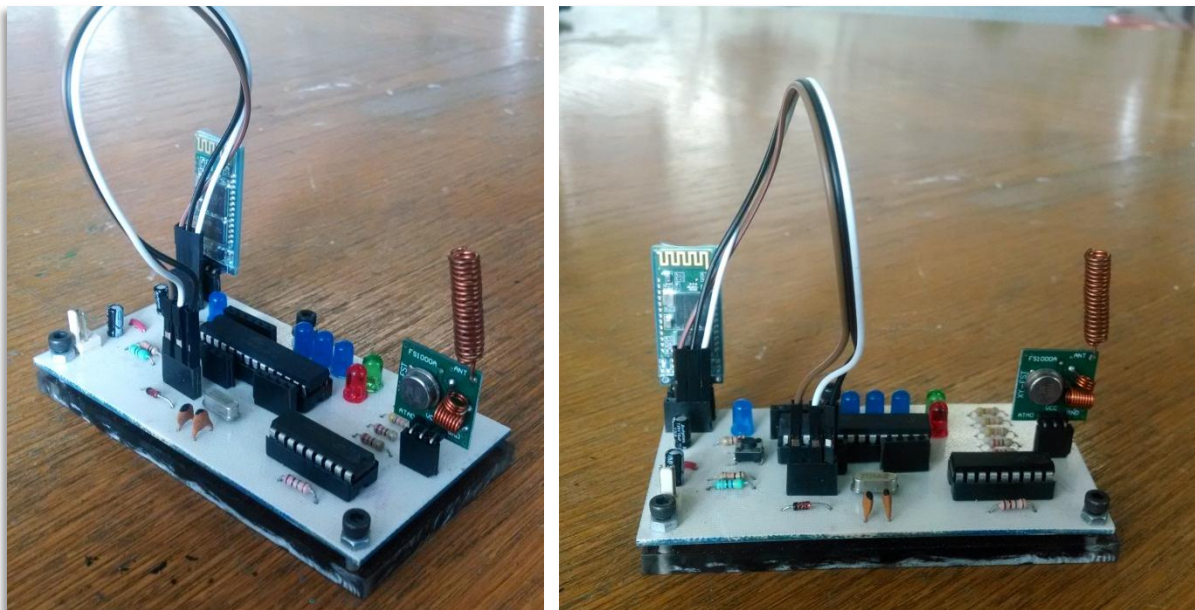


Figura 5.17 PCB de controlador y módulos de comunicación sobre base de acrílico

Se consigue un gabinete a la medida, en el cual será transportado nuestro circuito, para evitar el riesgo que se rompa por algún accidente en su manipulación, Figura 5.18.

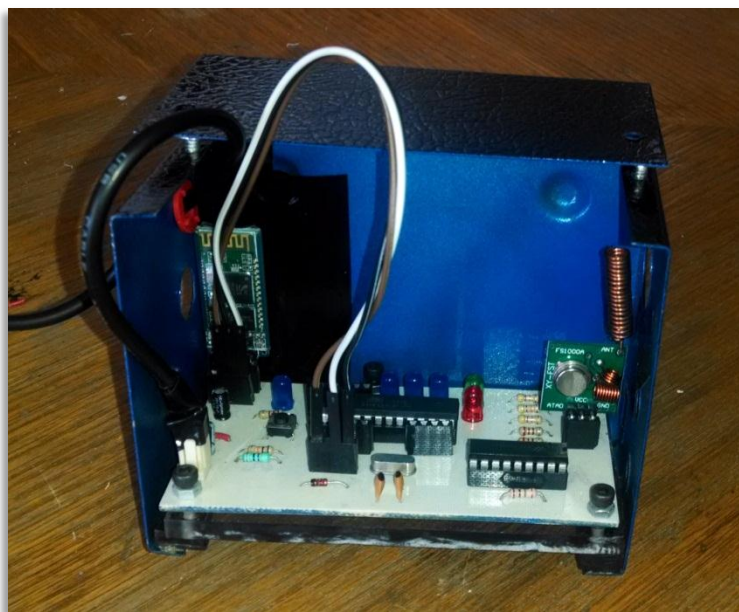


Figura 5.18 PCB de control dentro de gabinete de protección

5.2 LUMINARIA DOMÓTICA

Para el desarrollo de la lámpara, se tuvieron variadas ideas en cuanto a su diseño, ya que se contaba todos con los circuitos que esta llevaría de manera física (Fuente de alimentación, receptor y placa de LEDs) así como sus medidas correspondientes, las posiciones donde se podría perforar los PCBs para fijarse a una base, sin embargo se tomó la decisión de recurrir al área de diseño industrial para la realización de una luminaria más estilizada.

El diseño de la lámpara se desarrolló en conjunto con el profesor **M. en I. Humberto Mancilla Alonso** e **Isaac Téllez Fabián** estudiante de la carrera de Diseño Industrial.

La luminaria domótica por concepto se idealizó para el hogar (como su nombre lo indica), sin embargo, con el firme propósito de ser un proyecto el cual pudiera presentarse de forma física para su demostración y evaluación, el diseño estuvo basado para que la lámpara fuera instalada dentro del laboratorio de automatización, lugar

donde quedaría como proyecto demo, utilizando los espacios muertos que dicha localidad tiene en la loza.

Teniendo el concepto de lo que se pretendía lograr, y las medidas de los componentes, se realizó el diseño de la Figura 5.19:

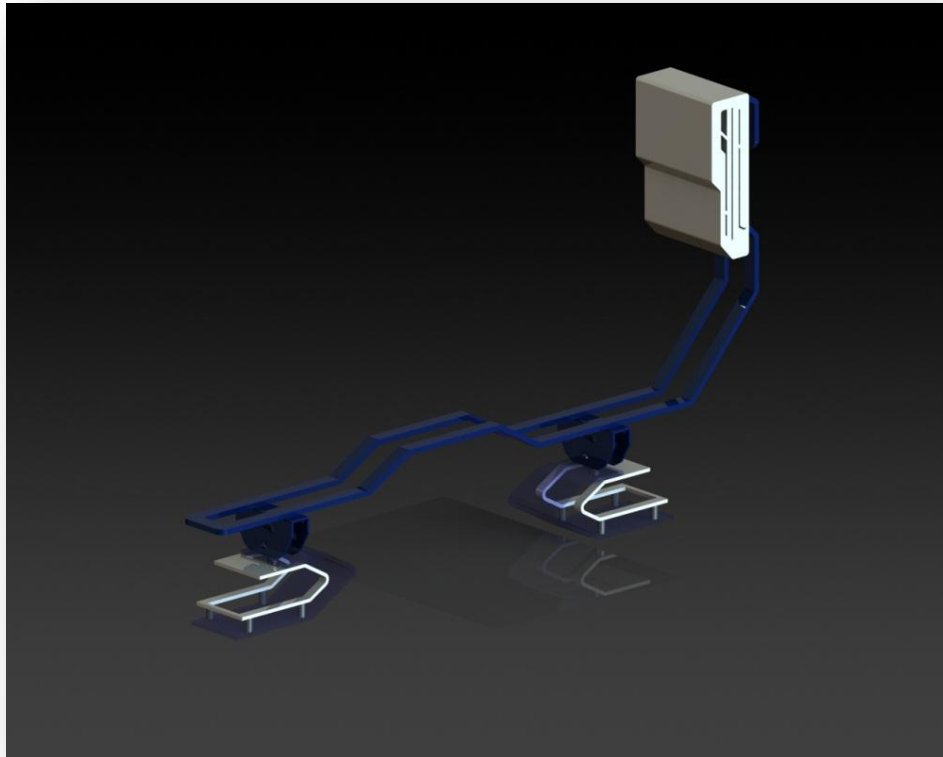


Figura 5.19 Renderizado del diseño de luminaria domótica

El diseño está pensado para que el contenedor donde irán los circuitos de la fuente de alimentación y el receptor, quedaran ocultos dentro de los espacios del techo, y a simple vista solo se dejara ver la parte destinada a las placas de LEDs, lo que provee de mayor estética a la luminaria, además dicho contenedor, cuenta con respiraderos, los cuales sirven para la circulación de aire y los circuitos tengan una temperatura adecuada de trabajo, ya que la resistencia de drenado que lleva el circuito receptor, genera una considerable cantidad de energía calórica.

La construcción estuvo a cargo de Isaac Téllez Fabián; por lo documentado en su reporte, las piezas se realizaron en maquinaria CNC. Se dividió en do fases:

- Corte laser y doblado de un perfil de acero de 2 ½ pulgadas para el soporte, Figura 5.20



Figura 5.20 Soporte de luminaria

- Corte laser y doblado de una chapa de acero de 18 puntos para el contenedor de los circuitos, Figura 5.21.



Figura 5.21 Contenedor para la fuente y receptor de la luminaria

En la Figura 5.22 y Figura 5.23 se muestra la luminaria ya construida, armada y pintada, de acuerdo al renderizado del diseño que se realizo previamente.



Figura 5.22 Presentación física de luminaria ya construida y armada

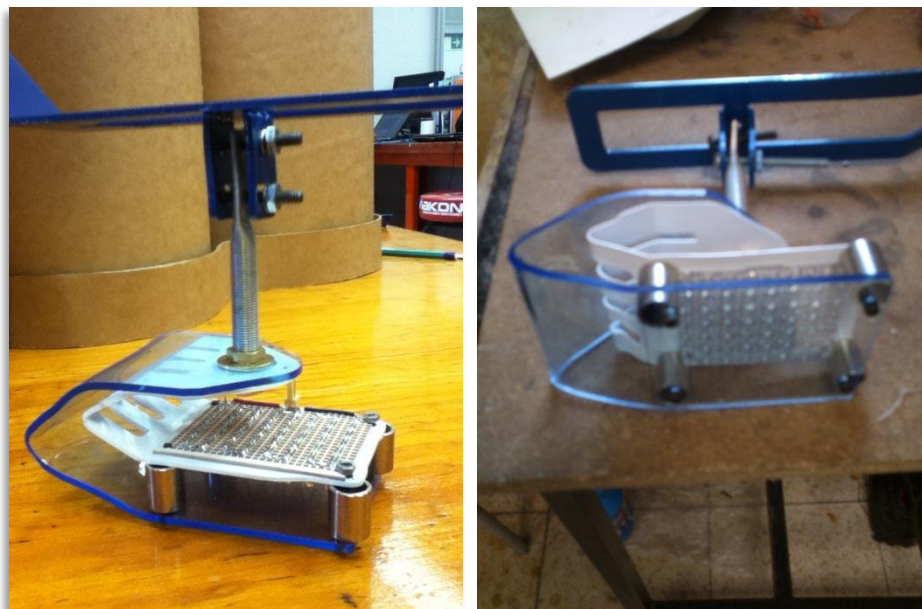


Figura 5.23 Bases para las placas de LEDs

Teniendo el contenedor donde irán los circuitos de la fuente de alimentación y el receptor, se procede a colocarlos sobre una base deacrílico, con la finalidad de tener una mayor facilidad al instalarlos dentro de la luminaria y evitar un corto circuito que pueda dañar a los PCBs, Figura 5.24 y Figura 5.25.

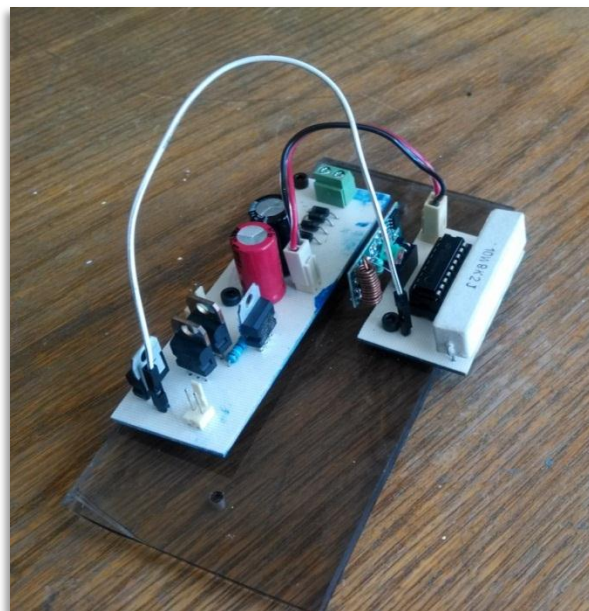


Figura 5.24 Circuitos de fuente de alimentación y receptor fijados a una base deacrílico

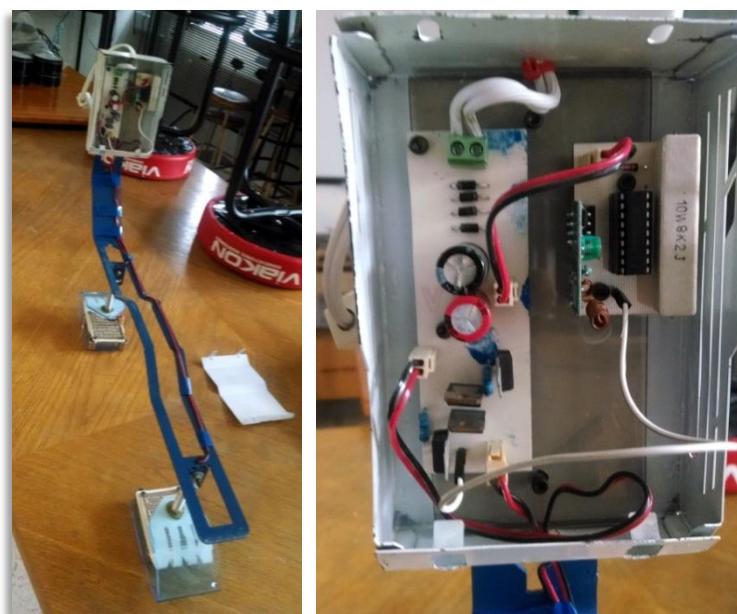


Figura 5.25 Base deacrílico con los circuitos montados dentro del contenedor de la luminaria

5.3 INTERFAZ DE USUARIO FINAL

Tras haber realizado las pruebas de funcionamiento de nuestro sistema con la interfaz de usuario básica, o de prueba desarrollada anteriormente, se procede a crear una nueva interfaz más robusta en su programación, que tenga un diseño atractivo e intuitivo para el usuario, además de ser capaz de gestionar el encendido o apagado de la luminaria por medio de un horario programable.

El desarrollo y la lógica de operación de esta aplicación es prácticamente la misma del programa de prueba, aunque se le agregará una etapa más:

- Inicio
- Conexión
- Cambios de estado - Subrutina de gestión de cambios de estado
- Desconexión
- Término o salida

La nueva sección agregada es una subrutina que tendrá el programa para la gestión de los cambios de estado según como el usuario lo asigne.

La aplicación final utilizará el mismo icono de identificación usado para la interfaz de prueba, sin embargo, esta vez estará bajo el nombre de: **HC06_Lampara_Domotica_AB**. (Figura 5.26). Las siglas HC06 hacen referencia al módulo bluetooth utilizado en el sistema, así como las siglas AB (“As Built”, o “como se construyó” en español), concepto adoptado para nombrar los desarrollos finales del proyecto.



Figura 5.26 Pantalla de inicio del dispositivo móvil con Android IOS

Para el inicio de la aplicación, una vez identificado y presionado el icono dentro del dispositivo móvil, dará lugar a una serie de imágenes de introducción (Figura 5.27), estas imágenes son representativas de la FES Aragón y del Club de Mecatrónica.

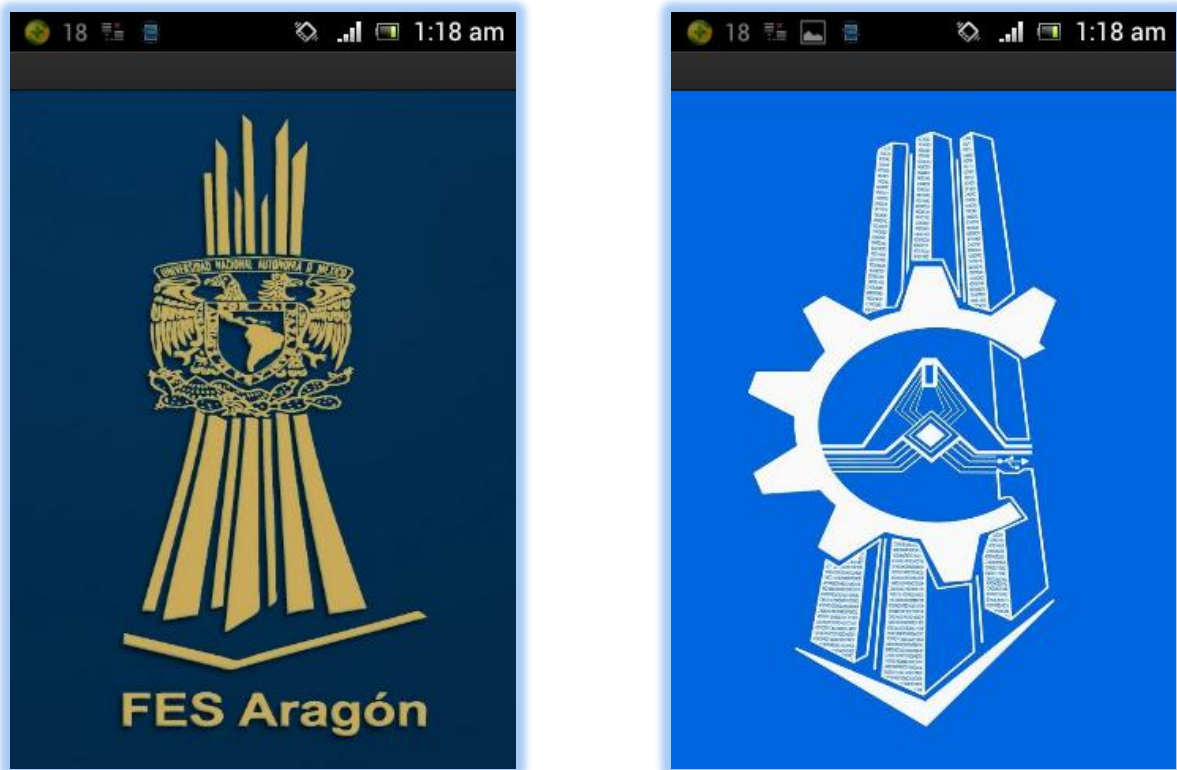


Figura 5.27 Imágenes de la introducción de la aplicación

Para la realización de dicha introducción, se hace una programación sencilla dentro del diagrama de bloques para el cambio de imágenes, Figura 5.28. Esta programación hace uso del módulo “Clock” del dispositivo móvil, que no es más que un reloj interno que el móvil asigna de manera independiente para los fines de esta aplicación. Los módulos “Clock” son utilizados como temporizador para el cambio de ventanas después de transcurridos 3 segundos; el programa cuenta con 3 ventanas de programación, dos para las imágenes de introducción y una para la interfaz de usuario.

Cabe aclarar que la configuración de las ventanas y su orientación, el diseño de la aplicación, la distribución de los componentes utilizados, así como, la declaración del uso de los módulos que utilizara el móvil, se realiza en la ventana de desarrollo de la IDE App Inventor, esto se configura previamente y de forma independiente al código de bloques de programación.

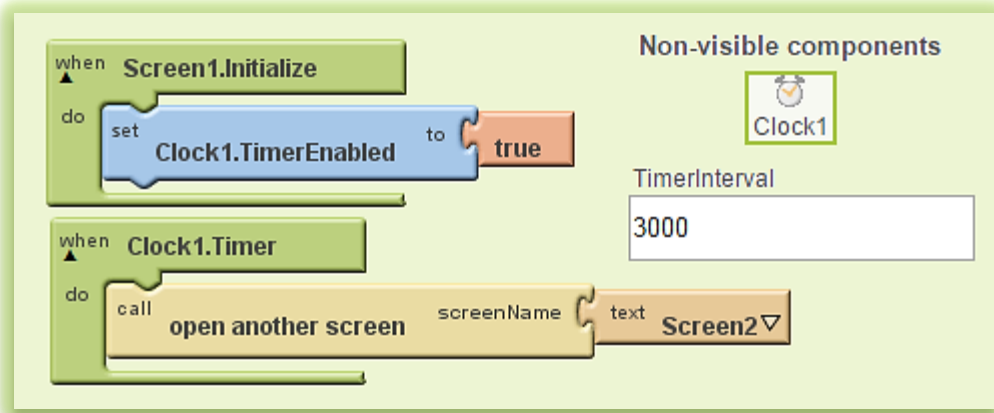


Figura 5.28 Código de bloques de ventana 1 de programación

Las instrucciones de los bloques describen los siguientes pasos de programación:

- Cuando se inicie la pantalla 1, se activa el componente “Clock 1”
- Cuando el componente de reloj se active y cumpla su intervalo de tiempo, abre la pantalla 2.

De igual manera para la segunda ventana de programación (Figura 5.29), las instrucciones son similares:

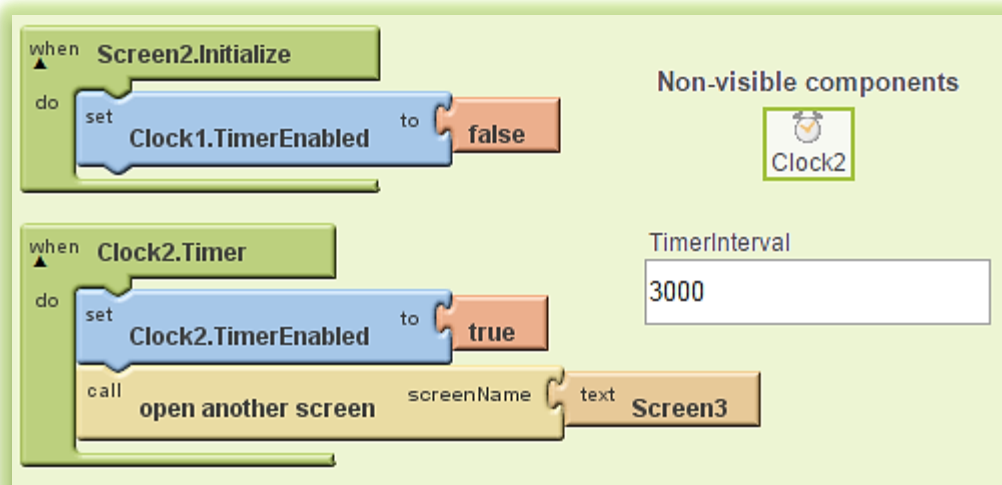


Figura 5.29 Código de bloques de ventana 2 de programación

- Cuando se inicie la pantalla 2, se activa el componente “Clock 2”
- Cuando el componente del reloj se active y cumpla su intervalo de tiempo, abre la pantalla 3, además de desactivar el componente “Clock 1”.

Terminada la introducción, la pantalla 3 del dispositivo móvil se orientara a vista horizontal para darle una mayor comodidad al usuario sobre el manejo de la interfaz, para lograr esto la configuración de la ventana se realiza en la pantalla de desarrollo de App Inventor, Figura 5.30.



Figura 5.30 Pantalla principal de la aplicación

La tercera ventana está dedicada a la interfaz de usuario, y su programación está dividida en dos secciones, la primera es la parte principal de la interfaz en la que el usuario interactúa de manera directa con el encendido y/o apagado de la lámpara; la segunda parte está dedicada a la subrutina que se encuentra a cargo de la gestión de los cambios de estado según un horario establecido por el usuario. Tras la inicialización de la ventana 3, se muestra una notificación de instrucción para conectarse al módulo bluetooth HC06, y espera la respuesta de entendido del usuario (Figura 5.31). El dispositivo notificara automáticamente con mensajes propios del sistema si el modulo bluetooth no está encendido o si no se logró la conexión mostrando el código de error que se genera en el dispositivo.

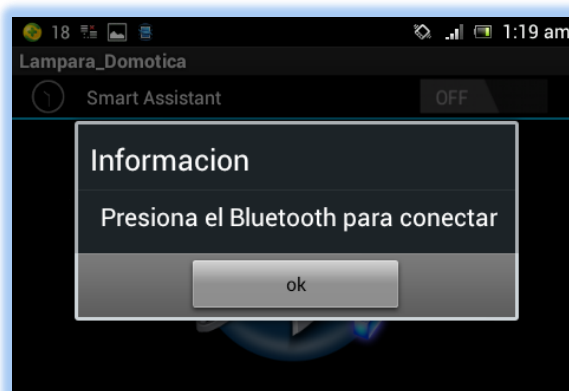


Figura 5.31 Pantalla principal de la aplicación mostrando el mensaje de instrucción para realizar la conexión al controlador y espera de la respuesta de entendido por parte del usuario.

En los bloques de programación de la ventana 3 (Figura 5.32), primeramente se declaran los componentes internos del móvil que se utilizaran:

- Socket Bluetooth: Para el uso del bluetooth del dispositivo.
- Notifier: Para notificaciones emergentes en el dispositivo.
- Clock "Current time": Hace referencia al reloj del sistema del dispositivo.
- Clock "Event": Esta dedicado a los eventos de la subrutina.

Una vez realizado esto, la acción consecuente al iniciar la imagen, es mostrar el mensaje de indicación y la espera de respuesta por parte del usuario.

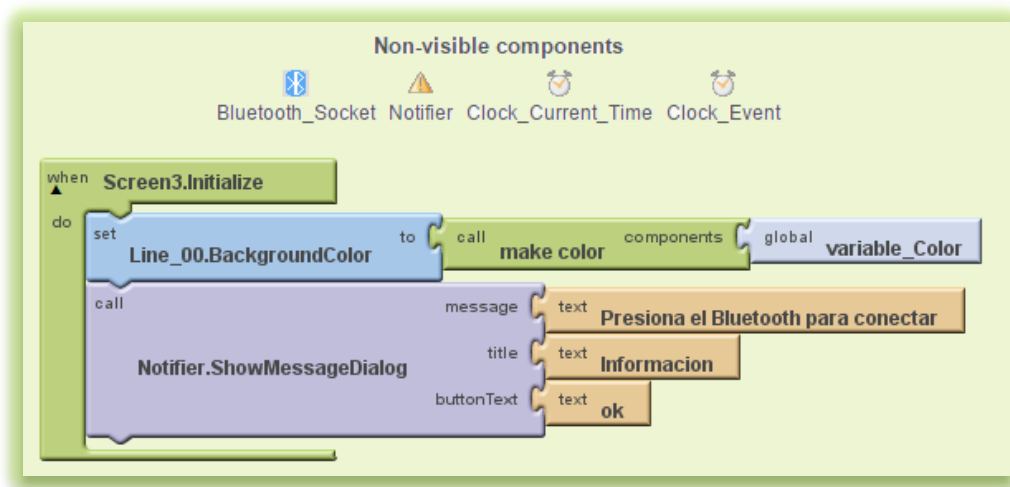


Figura 5.32 Código de programación que se ejecuta al iniciar la pantalla 3 y declaración de los componentes no visibles del dispositivo

Una vez que el usuario ha presionado "ok" de entendido del mensaje emergente, el siguiente paso es la conexión del dispositivo con el controlador, esta acción es realizada al momento en el que se presiona el botón de bluetooth de la interfaz de usuario (Figura 5.33), que es representada por un símbolo bluetooth.

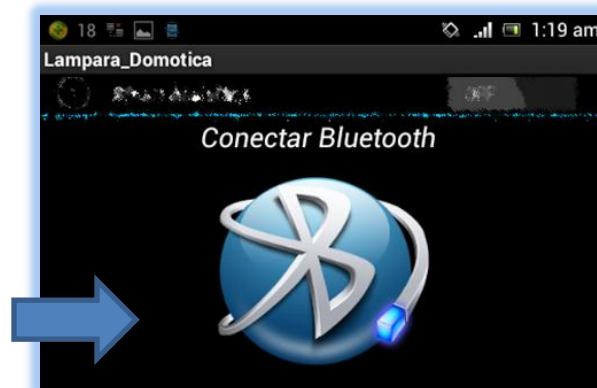


Figura 5.33 Indicación del botón para conectar

Tras haber presionado el icono, el dispositivo móvil comenzara la conexión, sin embargo, para esto es necesario que se tenga activada la función de bluetooth, podemos darnos cuenta si esta función esta activada o no observando la barra principal de indicadores en el móvil que se encuentra en la parte superior (Figura 5.34); de tener activado el bluetooth, en la barra aparecerá un icono que hace referencia a que se encuentra encendido, de no ser así, la aplicación enviara un mensaje con un código de error del sistema, indicando que el bluetooth no se encuentra disponible en el móvil.

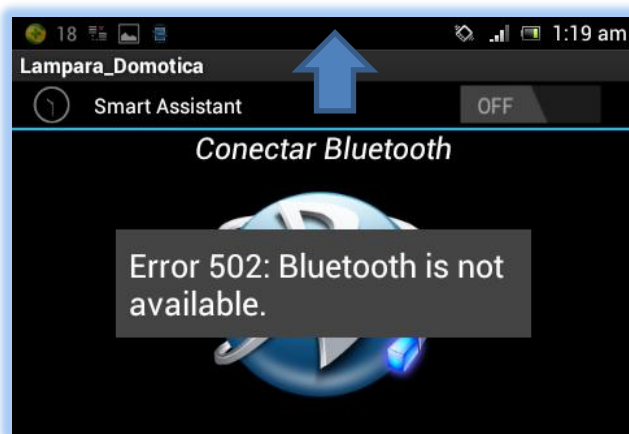


Figura 5.34 Muestra que el modulo bluetooth no está encendido en el móvil

Para encender el de bluetooth en el móvil es necesario ir a configuraciones del sistema en la sección de conexión. Una vez encendido el modulo aparecerá un icono en la barra superior de indicaciones que nos mostrara su estado. Realizado esto procedemos a iniciar de nuevo la conexión presionando el icono de Bluetooth.

Un error de comunicación común que llega a suceder cuando tratamos de iniciar la conexión con el controlador, puede ser causado por varios factores, principalmente por que el modulo al que necesitamos conectarnos está apagado, no está disponible o simplemente se encuentra fuera del alcance de conexión. En la aplicación, si se intenta hacer la conexión del móvil al controlador y por alguna de las razones mencionadas no se conecta con el dispositivo, saltara a la pantalla un nuevo mensaje con su código de error, preguntando si el dispositivo al que se quiere conectar esta encendido o se encuentra disponible (Figura 5.35) para evitar esto tenemos que encontrarnos dentro del radio de comunicación (10 metros aprox.) y verificar que el modulo bluetooth en nuestro controlador se encuentra encendido o disponible, para checar esto, basta con observar que el indicador led del módulo tenga un parpadeo continuo.

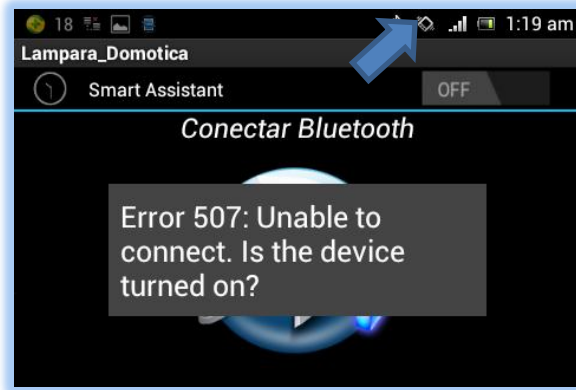


Figura 5.35 Muestra que no logro la conexión aunque está disponible en el móvil

Una vez superados los inconvenientes de conexión ya mencionados, o de haberlos evitado, se procede a la etapa de conexión del dispositivo con el modulo bluetooth en el controlador, como ya se indicó anteriormente, para iniciar la conexión, hay que presionar el icono de bluetooth que se encuentra en la pantalla.

Las acciones principales que se desarrollan en el código de bloques tras presionar el botón bluetooth se muestran ilustrados en la Figura 5.36.

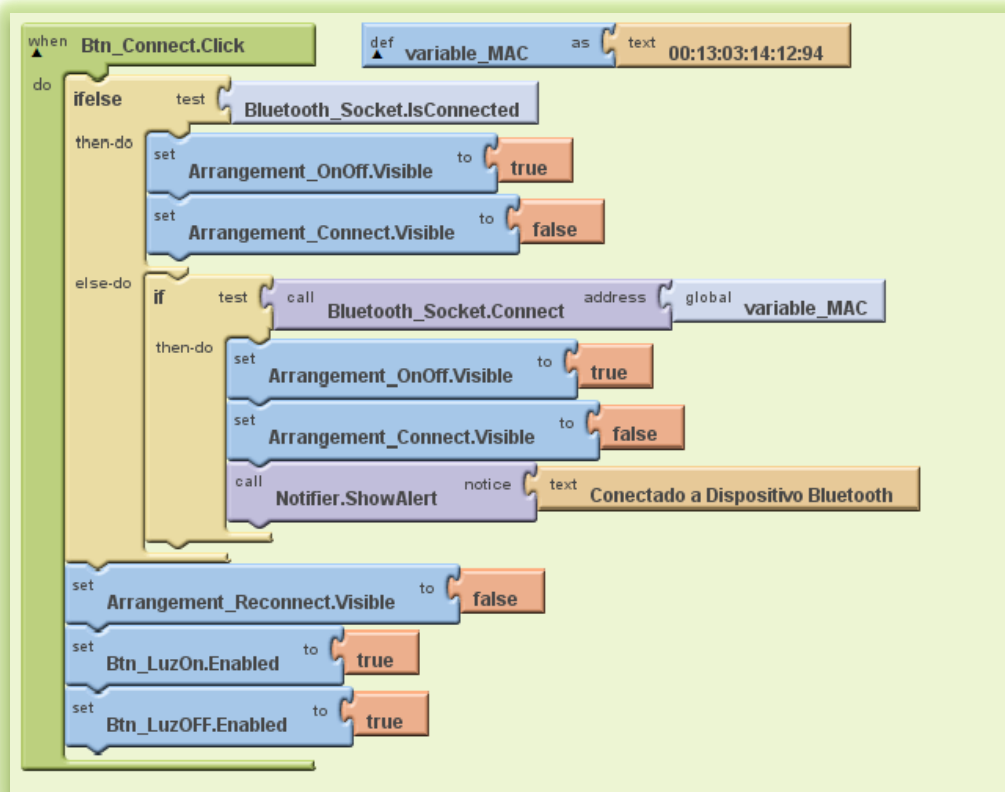


Figura 5.36 Código de bloques de acciones del botón Bluetooth

En los bloques de programación se define una variable que contiene la dirección MAC del módulo bluetooth al que nos vamos a conectar. Cuando el botón bluetooth es presionado con un “Click”, verifica con las sentencias “if” para realizar la acción adecuada según su comparación.

- Si se encuentra conectado, muestra los botones para la interacción de encendido y apagado de la lámpara.
- De lo contrario realiza la conexión del socket bluetooth con la dirección asignada y envía la notificación de que se ha conectado (Figura 5.37).

Las siguientes sentencias corresponden a una redundancia que se le da al programa, de manera que active el funcionamiento de los botones asociados con el encendido y apagado de la lámpara.

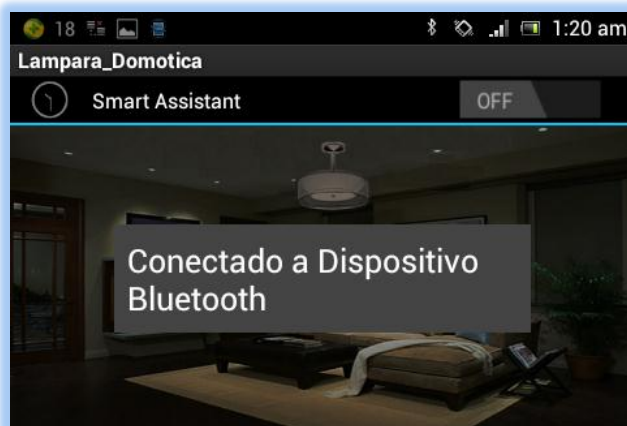


Figura 5.37 Mensaje emergente de conexión realizada

La siguiente etapa del programa es la manipulación de los cambios de estado, esto se genera a través de las acciones que son precedidas por las pulsaciones de los botones asociados al encendido y apagado. Los botones que realizaran la acción están diseñados de tal manera que cubren por completo el campo asignado dentro de la pantalla, e interactúan al mismo tiempo con imágenes alusivas a un escenario con luces prendidas y apagadas. Figura 5.38

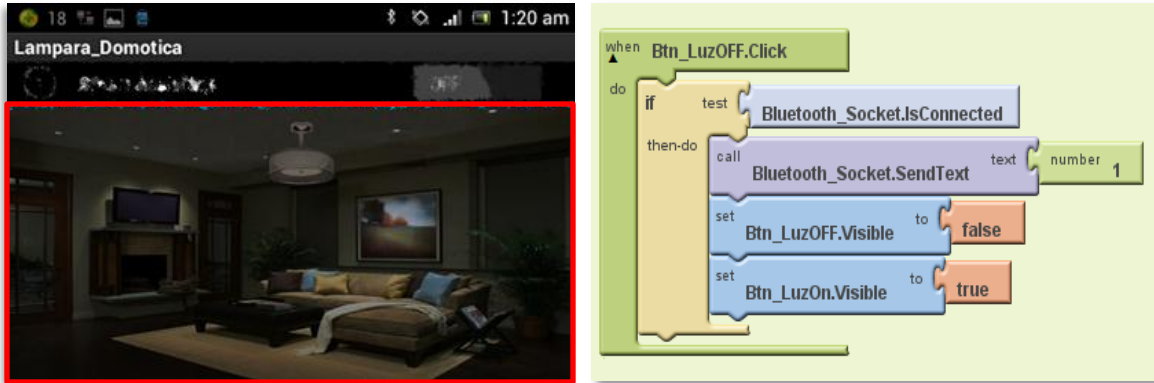


Figura 5.38 Campo para interacción y código de bloques del botón

Una vez desvanecido el mensaje referente a que se ha logrado la conexión con el bluetooth, se puede iniciar la manipulación de los cambios de estado de la lámpara domótica, para eso basta con presionar cualquier parte de la imagen que está dentro del campo señalado.

Tras una pulsación o "click" de la imagen el móvil enviara por bluetooth el número "1" al módulo que se encuentra vinculado, que en este caso es nuestro controlador, para realizar el cambio de estado de nuestra lámpara, además, habilitara el botón para el apagado en la pantalla del móvil (Figura 5.39).

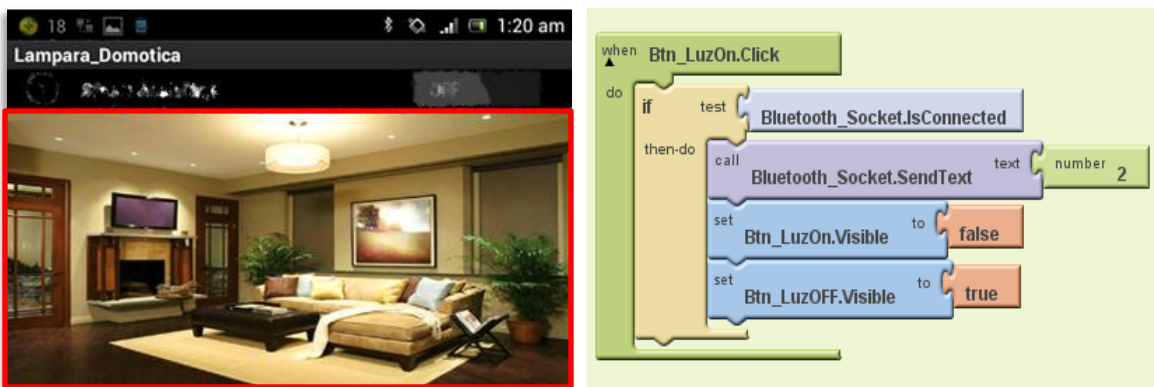


Figura 5.39 Campo de interacción y código de bloques del botón

De igual manera al presionar cualquier parte de la imagen que se encuentra dentro del campo, corresponderá a la acción de apagado de nuestra lámpara; la programación de bloques es similar, salvo que al ser presionado esta vez se envía el dato "2" al controlador y hace reaparecer el botón para el encendido.

Otra de las opciones que se le dio a los botones de encendido y apagado, es el de realizar la desconexión del módulo bluetooth sin la necesidad de cerrar o salir de la aplicación, para lograr esto por medio del código de bloques se le indico que fuera a través de un “Long click”, que es una pulsación al botón de por lo menos 2 segundos. Dicha pulsación hará que el dispositivo se desconecte y en la pantalla aparecerá un nuevo botón que está destinado para hacer la reconexión bluetooth con el módulo. Figura 5.40

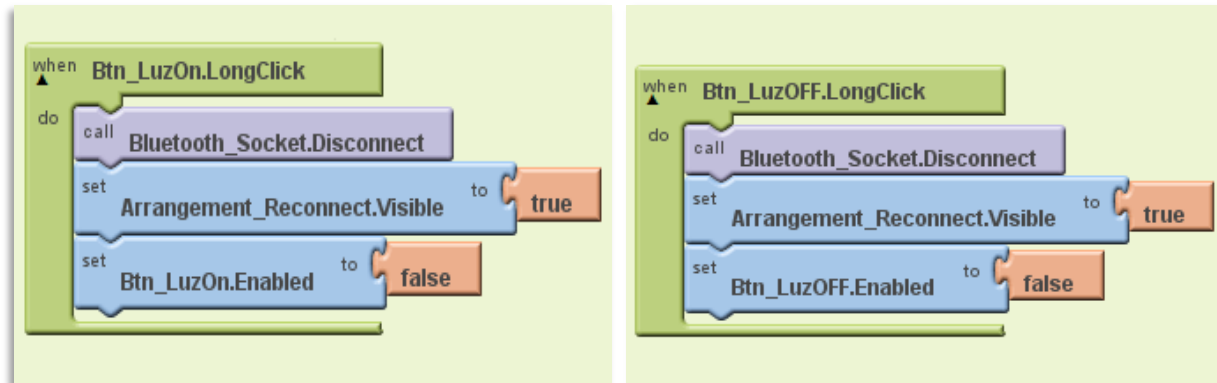


Figura 5.40 Código de bloques de acciones tras pulsaciones largas

Esta acción para la desconexión se podrá realizar en cualquiera de los dos botones o imágenes; una vez desconectado, el dispositivo bloqueara los botones para no ser presionados y guardara el estado en el que se encuentran (Figura 5.41); para volver a utilizarlos basta con pulsar el botón reconectar y/o el botón de conectar de la pantalla principal.

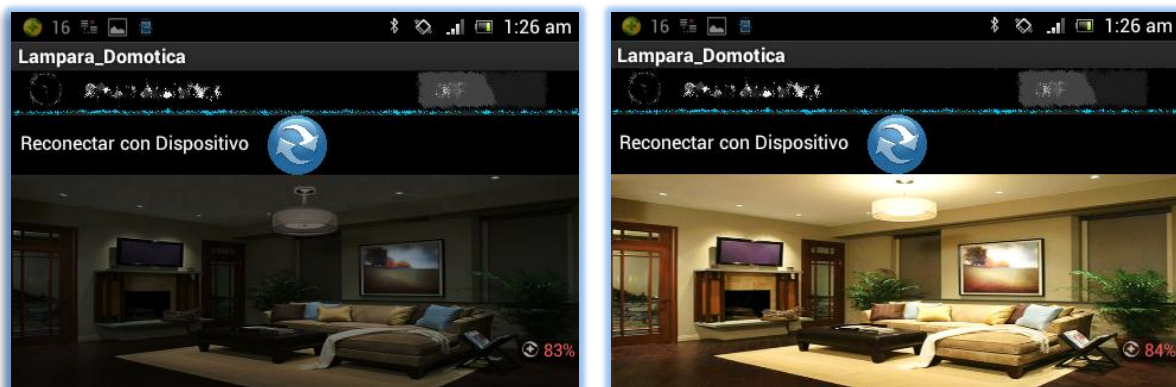


Figura 5.41 Muestra del botón reconectar al quitar el vínculo BT

El botón de reconectar tiene la función, como su nombre lo indica de reconectar el dispositivo móvil con el modulo bluetooth del controlador para poder de nuevo, interactuar con el encendido y apagado de la lámpara, Figura 5.42.

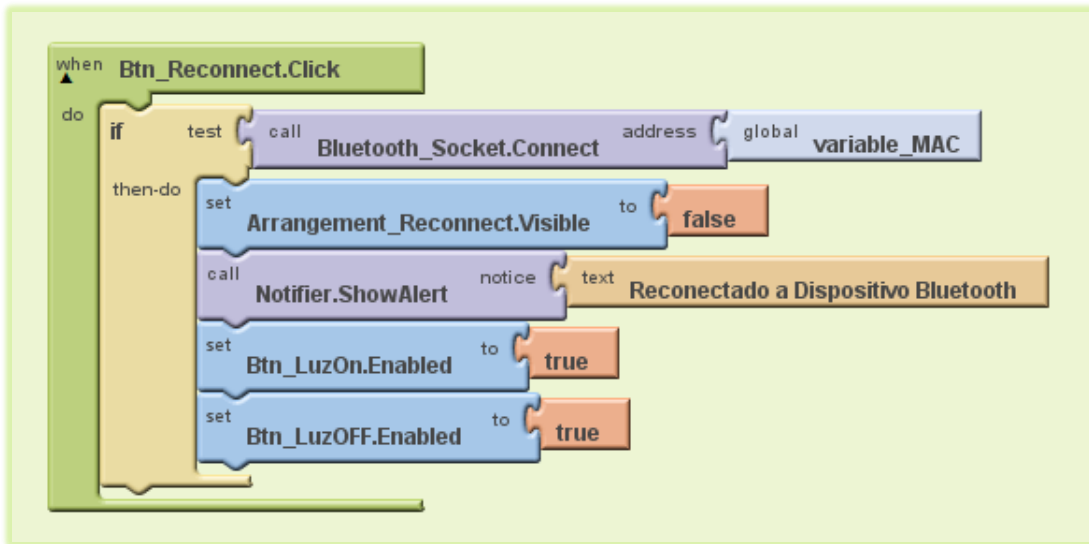


Figura 5.42 Código de bloques del botón de reconexión

Tras ser presionado el botón reconectar y haber logrado su objetivo, este desaparecerá activando de nuevo los botones, justo en el estado en el que se haya encontrado antes de su desconexión (Encendido o apagado), y emitirá un nuevo mensaje indicando que se ha reconectado con el dispositivo, Figura 5.43.

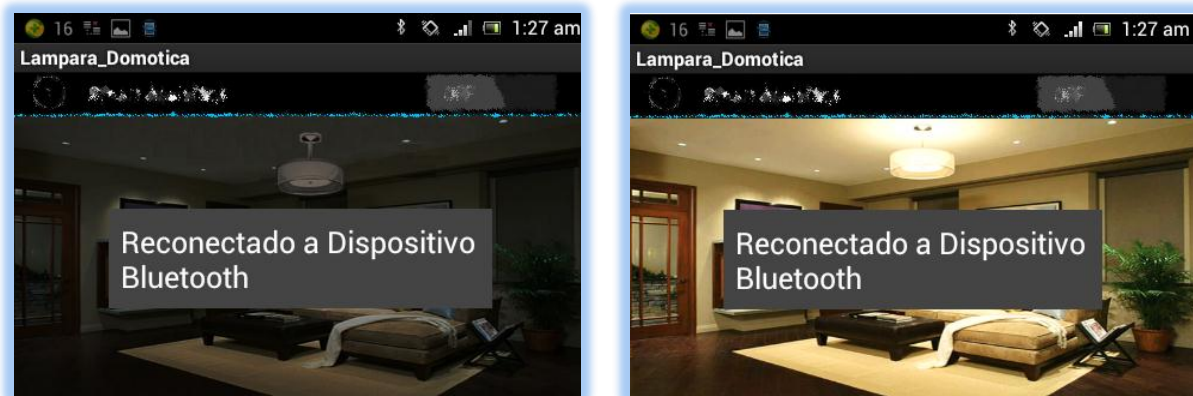


Figura 5.43 Mensaje emergente de reconexión con el módulo BT

Por ultimo tenemos la segunda parte de nuestra aplicación, que es un horario programable, el cual tras ser configurado por el usuario, permitirá a la aplicación gestionar el encendido y apagado de manera automática en los horarios asignados a su configuración.

Esta parte de la aplicación, por las razones obvias de que se puede establecer un horario comprendido en cualquier momento del día para el cambio de estado de la lámpara domótica, es indispensable que pueda trabajar en segundo plano, ya que así el usuario pueda hacer uso del dispositivo móvil de manera normal y sin preocuparse de que la aplicación tenga que estar visualizada en la pantalla para que pueda funcionar y hacer la gestión de los cambios de estado según los horarios establecidos.

La configuración para trabajar en segundo plano, en la ventana principal de configuración del IDE App Inventor, se le indica en la declaración de los componentes no visibles que un componente “Clock” debe estar trabajando siempre y sin detención una vez que la aplicación se inicia, a este componente lo nombramos “Current_Clock”. En la aplicación, para ingresar a esta sección, basta con pulsar un botón asignado, que hace referencia a un icono de un reloj analógico que se encuentra en la parte superior de la aplicación, señalado con el seudónimo “Smart Assistant”, Figura 5.44. El código de bloques para la configuración del “Current_Clock” y conversión de formato de 24 Hrs. a 12 Hrs. se encuentra en el apartado **Apéndice C, figura 2**.

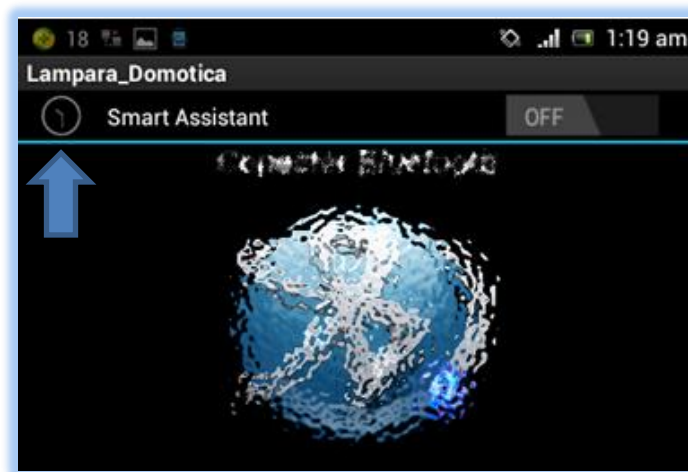


Figura 5.44 Indicación de la sección Smart Assistant

Esta sección de la aplicación siempre estará visible y está compuesta por dos botones, uno que aparece con la leyenda “Off” en su interior y otro, el que asemeja a un reloj (“Smart Assistant”) que nos llevara inmediatamente a una nueva pantalla al ser presionado, Figura 5.45.

La nueva pantalla que se nos muestra, a su vez está compuesta por un reloj digital con la leyenda “Local Time”, que hace referencia a la hora actual del dispositivo; y dos etiquetas más, “Turn on Time” y “Turn off Time”; como su nombre lo indica estas

señalan la sección donde deben programar los horarios de encendido y apagado, cada una con su respectivos botones de lista, para seleccionar la hora, minuto y periodo del día a las que se quiere accionar, según la conveniencia del usuario.

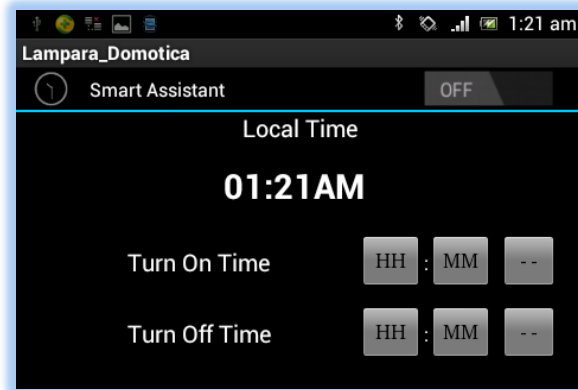


Figura 5.45 Sección de gestionamiento automático Smart Assistant

El botón que aparece en la sección superior de la aplicación (“Off”), no es más que un interruptor que indica si el apartado para el encendido automático esta activado o no. De inicio de la aplicación el botón aparecerá con el estado “Off” lo que nos señala que el gestionamiento automático se encuentra desactivado, Figura 5.46.

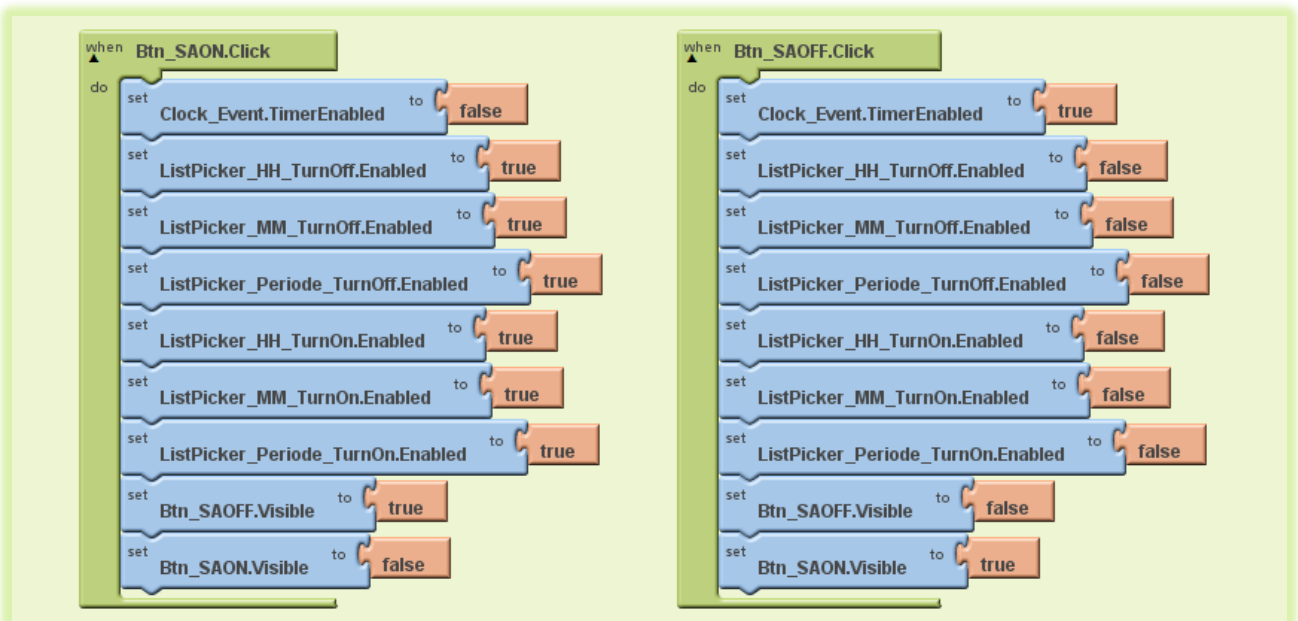


Figura 5.46 Código de bloques de acciones del interruptor

Las acciones que se generan al presionar el botón interruptor (Figura 3.89), son principalmente cambiar de estado a “On” y bloquear los botones de lista para que no puedan ser modificados, ya que al estar “activo” se entiende que los horarios establecidos, son definitivos (Figura 5.47). Los botones de lista solo estarán activos mientras el interruptor este en “Off”.

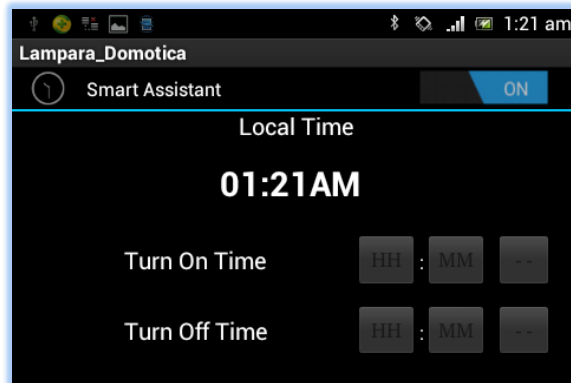


Figura 5.47 Muestra de bloqueo de los botones para programar la hora

Para lograr establecer el horario deseado, es necesario que en el código de bloques se indique que, al presionar los botones con sus respectivos indicadores (HH, MM, --), abra las listas correspondientes, que están compuestas por una variable de texto. Para el caso de la hora (HH) se muestra un listado de números de que van desde 01 hasta 12; por su parte en MM muestra un listado de los minutos correspondientes en una hora (01-59), por último la sección con dos guiones pertenece al periodo (AM, PM), dando a entender que el formato que se usa para programar los horarios es de 12Hrs, Figura 5.48.

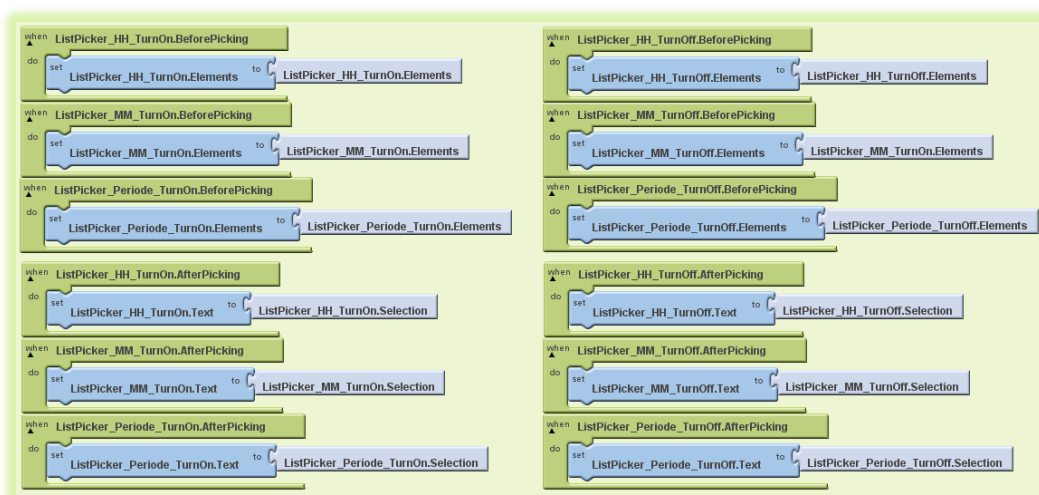


Figura 5.48 Acciones de los botones de lista

Una vez que el usuario ha determinado y establecido los horarios a su gusto, se procede a activar la función, la cual deshabilitara los botones de lista, Figura 5.49.

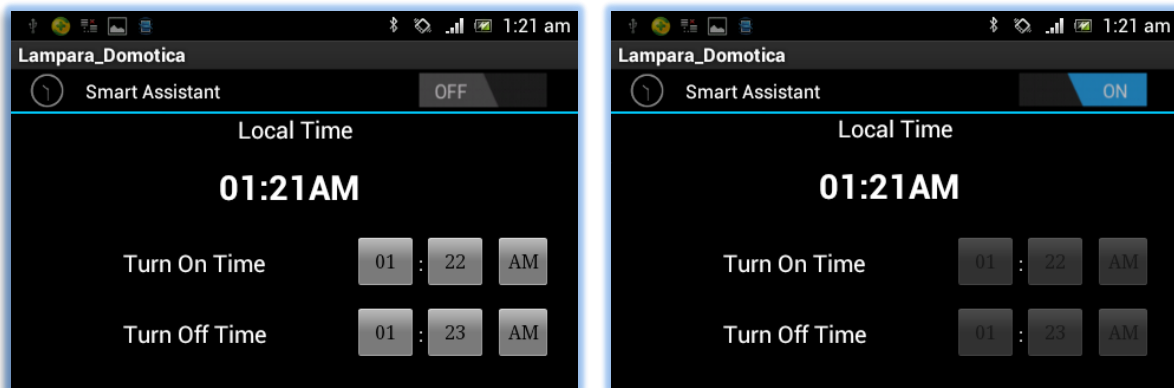


Figura 5.49 Activación de la sección Smart Assistant tras haber fijado hora de encendido/apagado

Una vez que el usuario dejó establecido el horario requerido y da inicio a la operación de encendido y apagado automático de la luminaria, puede salir de la aplicación con el botón “HOME” que está señalado con el icono de una casita dentro del dispositivo móvil, esto le permitirá trabajar a la aplicación en segundo plano y realizar su tarea correspondiente.

El código de bloques de esta sección de la aplicación se encuentra en la sección **Apéndice C, Figura 3** de este escrito, e indica que su funcionamiento es activado tras presionar el botón de “Off” de la parte superior, y da a lugar al “Clock_Event”, que es una serie de actividades que corresponden a su funcionamiento, estableciendo que cuando la hora programada corresponda a la hora del sistema, este envíe por bluetooth al controlador el dato “1” ó “2” según corresponda (1=Encendido, 2=Apagado), además, resalta un mensaje en el móvil indicando que se ha encendido o apagado automáticamente la luminaria y hace un cambio de estado en los botones correspondientes dentro de la aplicación, haciendo que el estado del botón o imagen, corresponda con el estado de la lámpara domótica, Figura 5.50.

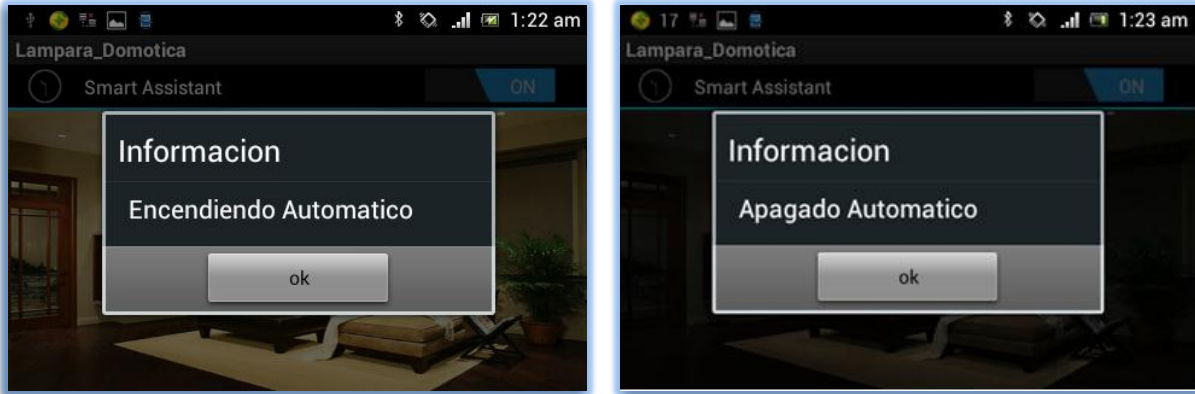


Figura 5.50 Mensaje de información tras encendido/apagado automático

Dentro de la aplicación para salir de la sección de “Smart Assistant” e ir al de control manual de la luminaria, o en su caso a la pantalla principal, es necesario presionar el botón “Back” del dispositivo.

Por ultimo tenemos la configuración para cerrar y salir de la aplicación, el cual está consignada al botón de menú del dispositivo móvil, al presionarlo nos saldrá de manera emergente un mensaje con la leyenda “Stop this application”, de ser presionada nos saldrá de nuevo una ventana de confirmación que indica si de verdad quiere salir de la aplicación, advirtiendo que necesita reiniciar la aplicación para usarla de nuevamente (Figura 5.51). Cabe mencionar que si se sale de la aplicación por este método, la sección de encendido y apagado automático de la aplicación, se desactivara y no funcionara en segundo plano.

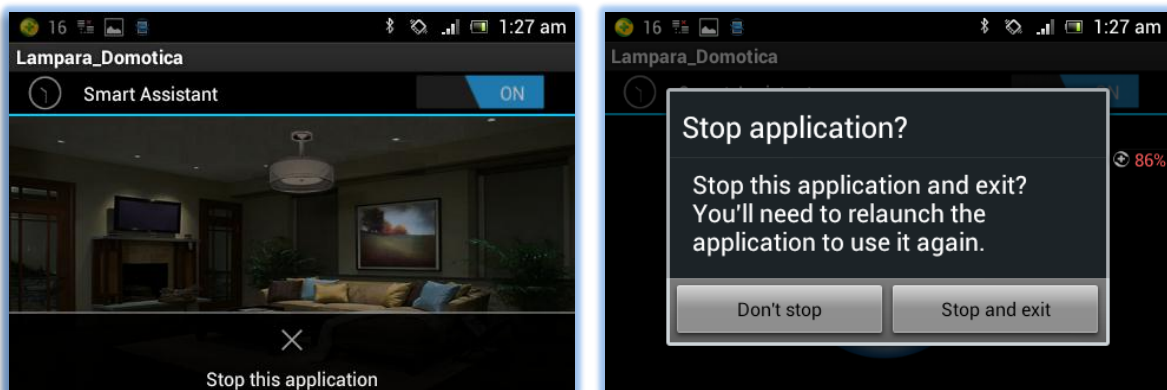


Figura 5.51 Mensajes de confirmación para salir de la aplicación



CAPÍTULO 6

ENTREGA Y VALIDACIÓN

“ Si logro ver más lejos, es porque he conseguido subirme a hombros de gigantes ”

6.1 PRUEBA Y RESULTADOS

Una vez concluida la construcción del sistema domótico, se realizaron las pruebas correspondientes, analizando su funcionamiento y corroborar que se haya cumplido satisfactoriamente con los requerimientos y especificaciones, planteadas durante los objetivos del proyecto.

Se realizó la instalación de la luminaria dentro del laboratorio de automatización del edificio de laboratorios L-3, con la finalidad de hacer su presentación y muestra de funcionamiento, aunque la simple característica de estar colocada dentro de un área laboral como lo es laboratorio, por definición, lo convierte en un sistema Inmótico, sin embargo, es absuelto a esta concepto ya que fue específicamente desarrollado para una casa habitación, y solo se encuentra ahí para su demostración, por lo que conserva el sentido de ser un proyecto domótico.

La utilización de la luminaria domótica, sin duda alguna cumple con las características solicitadas, ya que le provee al usuario el confort y la facilidad de manipular el estado de la luminaria de manera sencilla, con tan solo unos “clicks” en el gadget de su disposición que cuente con la aplicación instalada, dando así el toque de innovación planteado, además de la autonomía del sistema, según las condiciones de horario que el usuario establezca; también podrá permitir al usuario disponer del control de varias luminarias (hasta un total de 256), siempre y cuando se encuentren dentro del rango de operación del módulo transmisor¹. Otro de los factores de gran impacto del sistema es el ahorro energético, ya que la lámpara con las dos placas de LEDs tiene un consumo teórico de 6.8 watts², generando una mayor cantidad de luz que las lámparas ahorradoras de consumo similar, reflejando así una disminución en las tarifas de pago por concepto de iluminación; aunado a esto, también tenemos un producto de bajo costo de producción, cuyo costo de todo el sistema domótico realizado, es de alrededor de \$360.00³, precio relativamente bajo comparado con otras instalaciones domóticas similares que están 3 veces por encima de su precio.

¹ Las especificaciones técnicas de los módulos RF reportan alcances de 50m en línea de visión directa a potencia máxima de transmisión (12v). Distancias varían según el tipo y cantidad de obstáculos.

² Excluyendo el consumo del circuito receptor: 3.2 watts teóricos, según niveles máximos de alimentación.

³ Costo total del sistema. Los componentes para cada lámpara tienen un costo de \$286.00 aproximadamente. Costos basados en la cotización de precio unitario, de todos los componentes implicados en el sistema domótico. No incluye costos de fabricación, ni precios sobre modelado del diseño y su construcción.

La luminaria domótica tras ser evaluada, podemos destacar sus características de iluminado y consumo, comparándolas con focos ahorradores de la misma potencia de iluminación (6 Watts aproximadamente); aun así nos percatamos que se logra una mayor cantidad de iluminación ya que la luminaria presenta un valor de 240 luxes a una distancia de 2 metros que es la medida a la que se encuentra la mesa de trabajo de las placas de LEDs; En comparación con los que generan los focos ahorradores, las cuales brindan una intensidad luminosa de 45 luxes medidos a la misma distancia. Sin embargo aunque la luminaria domótica genera una gran cantidad de luz desafortunadamente por la configuración de los LED o la forma geométrica de estos, dicha intensidad lumínica resulta de manera “puntual” lo que indica que la iluminación está concentrada en un radio de 50 cm tomando como centro el punto medio de lámpara, fuera de este radio la intensidad lumínica se degrada demasiado en comparación con su centro focal, por lo que se percibe un gran haz de luz dirigido a un solo lugar. Aunque las placas de LEDs pueden ser direccionadas en un ángulo de 45 grados respecto a la vertical, esto crea una característica desfavorable para la lámpara en comparación con las ahorradoras, debido a que estas dispersan la luz en todas direcciones y la lámpara domótica no.

En cambio comparando la lámpara domótica con las luminarias fluorescentes con las que cuenta el laboratorio, la diferencia de consumo/iluminación es más notoria; estas luminarias se usan para la iluminación del aula entera, y se cuenta con 6 luminarias completas distribuidas dentro del salón, las cuales cada una tiene una potencia de iluminación de 96W según sus especificaciones, y brinda una intensidad lumínica de 420 luxes a una distancia de 2 metros; al igual que los focos ahorradores, estas por su configuración y construcción la luz generada se ve esparcida hacia todas direcciones y enfocada hacia el área de trabajo, por lo que las 6 luminarias cubren el laboratorio entero casi con la misma intensidad lumínica. Aun así el haz de luz de la lámpara domótica sobresale dentro de las luminarias.

Tomando esto en consideración para la comparativa, se podría instalar varias lámparas domóticas dentro del laboratorio para cubrir e iluminar todos los rincones posibles y el área de trabajo adecuadamente, y el consumo energético no se igualaría respecto a las 6 luminarias que se encuentran instaladas dado que la lámpara domótica consume la 13ª parte de una luminaria de estas; por otro lado el costo de las lámparas también resultaría relativamente menor al de las luminarias.

Cabe mencionar que la realización de este sistema, cumple con las características de ser un proyecto mecatrónico, ya que abarca conocimientos de las distintas ramas de la ingeniería que lo definen como tal:

- Control
- Mecánica
- Diseño
- Computación

Al termino y entrega del proyecto se tiene un sistema de fácil instalación, puesto que solo requiere la colocación de la luminaria y su conexión a una toma de corriente normal (110v~120v), bajo costo y consumo, gran utilidad e innovación, con un diseño estilizado y facilidad de operación.

La evaluación y validación del sistema domótico implementado en el laboratorio de automatización, estuvo a cargo del profesor M. en I. Humberto Mancilla Alonso, quien quedo de enterado del funcionamiento del sistema, y posteriormente realizó prácticas demostrativas de la operación de dicho proyecto, corroborando el cumplimiento de sus características y especificaciones establecidas.

A continuación se muestran algunas imágenes capturadas, del sistema instalado y la manipulación de este, Figura 6.1, Figura 6.2, Figura 6.3.



Figura 6.1 Lámpara instalada en un espacio de la losa del laboratorio de automatización, mostrando ambos estados (On/Off)



Figura 6.2 Capturas del inicio de la aplicación en una tableta electrónica y su conexión con el controlador

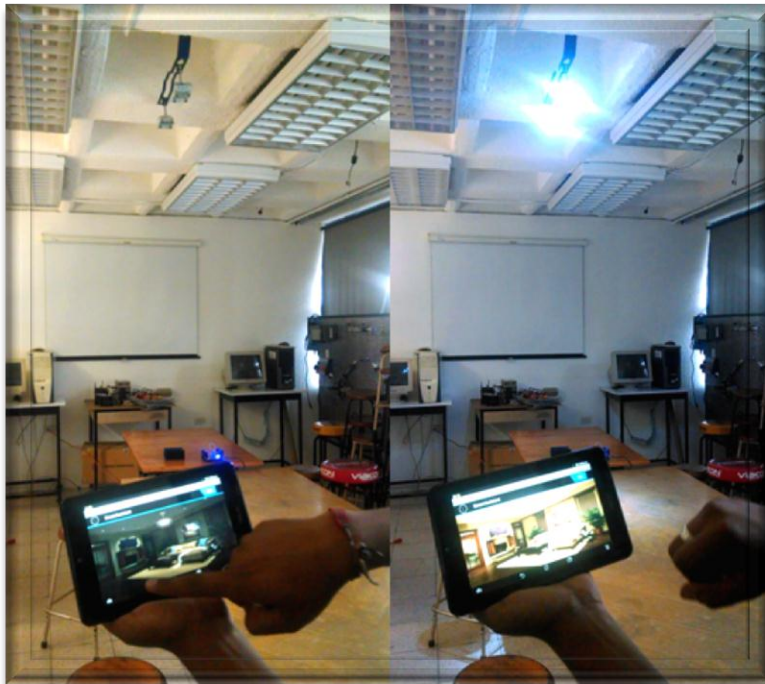


Figura 6.3 Prueba de funcionamiento del sistema y manipulación de los cambios de estado de la luminaria y la aplicación

6.2 CONCLUSIONES Y TRABAJO A FUTURO

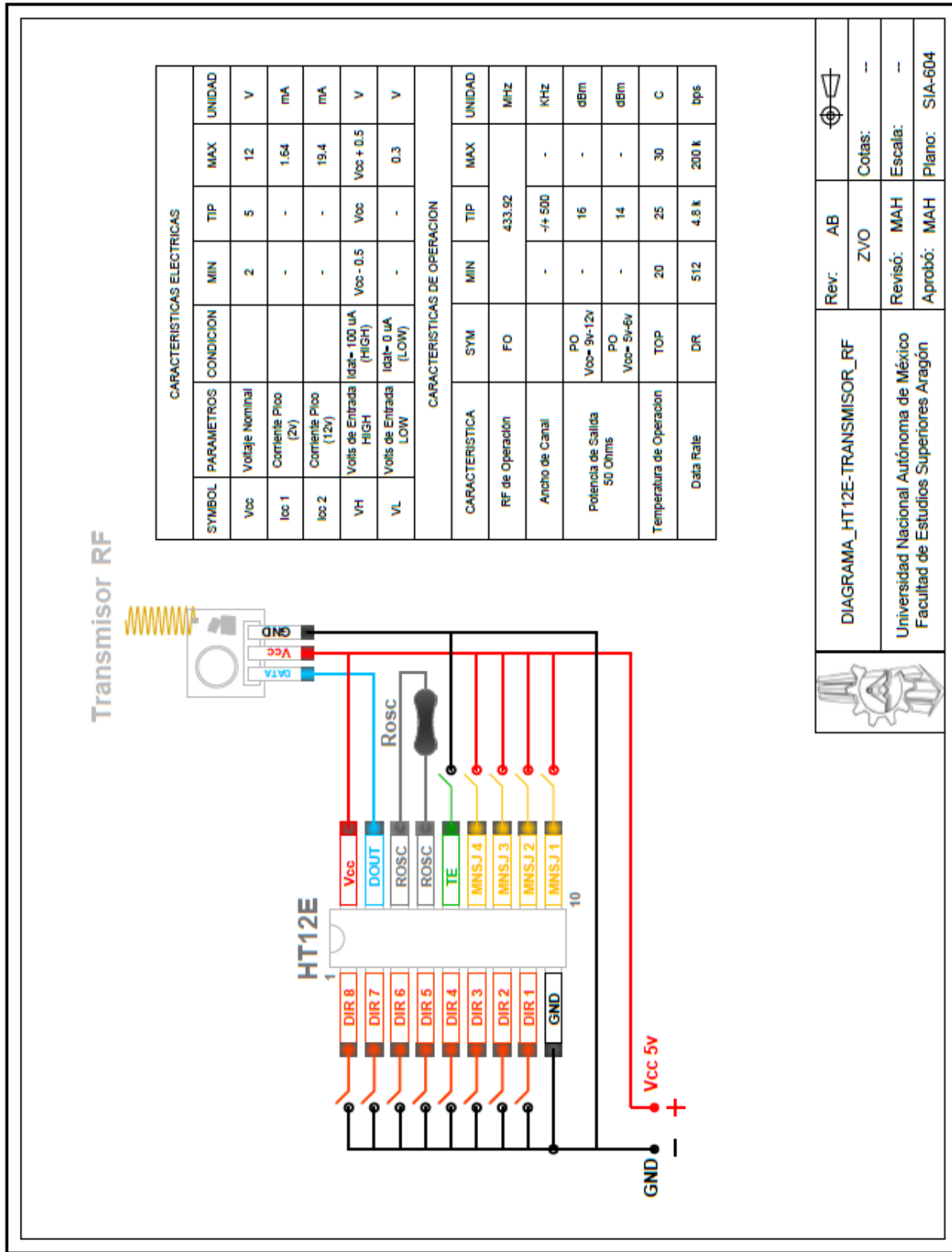
La realización de este proyecto comprende diversas aplicaciones de conocimientos, los cuales se adquirieron por investigación y/o tomados de referencias a las clases que se cursaron dentro de la carrera, terminando en la realización de un proyecto final que cumple satisfactoriamente las necesidades y objetivos planteados en su inicio. Gran parte de estos conocimientos, quedaron sentados en el desarrollo del sistema domótico y se mantendrán como una experiencia, para que en un futuro se pueda resolver ciertas problemáticas que nos surjan, o para crear algún tipo de evolución en sistemas del mismo índole.

La lámpara domótica, cumplió con los requerimientos especificados en cuanto su funcionamiento, sin embargo, cabe destacar que la tecnología de nuevos dispositivos para el control y/o comunicación cada vez es más grande y con mejores prestaciones, incluso el acceso a ellos se vuelve más fácil; por lo que este proyecto al ser la primera iteración completamente funcional, este podría ir evolucionando en un futuro inmediato. Hoy en día existen productos, que hubieran permitido una mayor aplicación de nuestro sistema, lamentablemente al ser tecnología que está “punteando”, suele ser de costos elevados, lo cual no nos permitía implementarlos dentro del proyecto, ya que, uno de los propósitos primordiales era el ahorro energético, teniendo en cuenta realizar un producto final lo más asequible posible. En un futuro quizás el acceder a nuevas tecnologías no sea tan costoso y permita realizar productos de mayores y mejores características. De igual manera los diodos emisores de luz, van evolucionando, de tal manera que sus costos se reduzcan aún más, de igual manera sus prestaciones de iluminación aumenten con el paso del tiempo, permitiendo poder crear un mejor producto final.

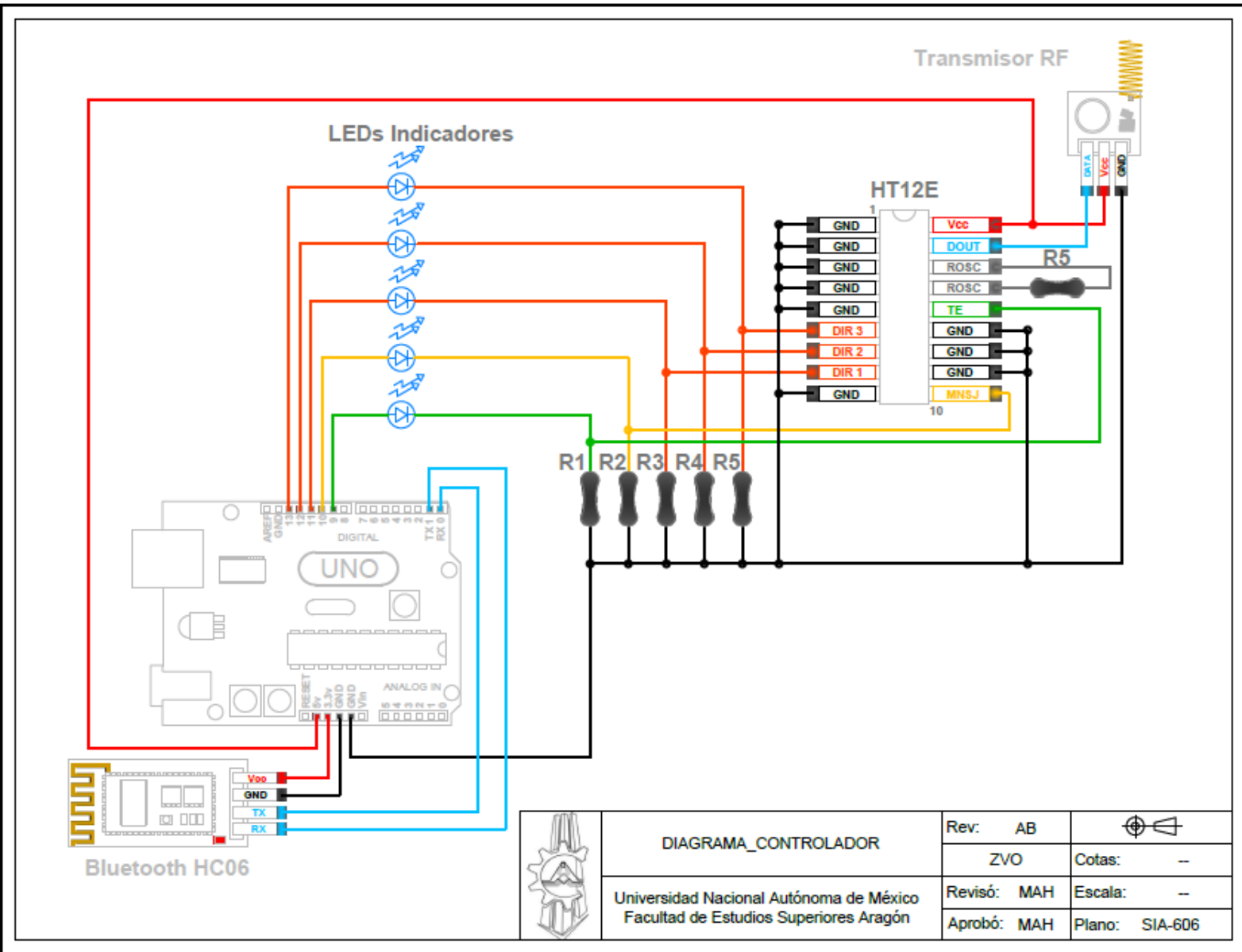
En consideraciones a futuro, a nuestro sistema tal vez se le pueda implementar nuevas funciones, las más inmediatas podrían ser un sistema de comunicación con mayor alcance, incluso el poder usarlo a través de internet con variados módulos, lo cual extendería mundialmente el rango de comunicación entre el usuario y el sistema, variaciones del tipo y configuración de iluminación, “upgrades” en la aplicación del móvil, y/o generar nuevas aplicaciones para abarcar otros sistemas operativos, así como realizar fuentes de alimentación mucho más eficientes y crear nuevos diseños más estilizados y atractivos para el consumidor o al entorno al que van dirigidos; todo esto siempre y cuando no se excedan los requerimientos principales del sistema.



APÉNDICE A: DIAGRAMAS DE CONEXIÓN

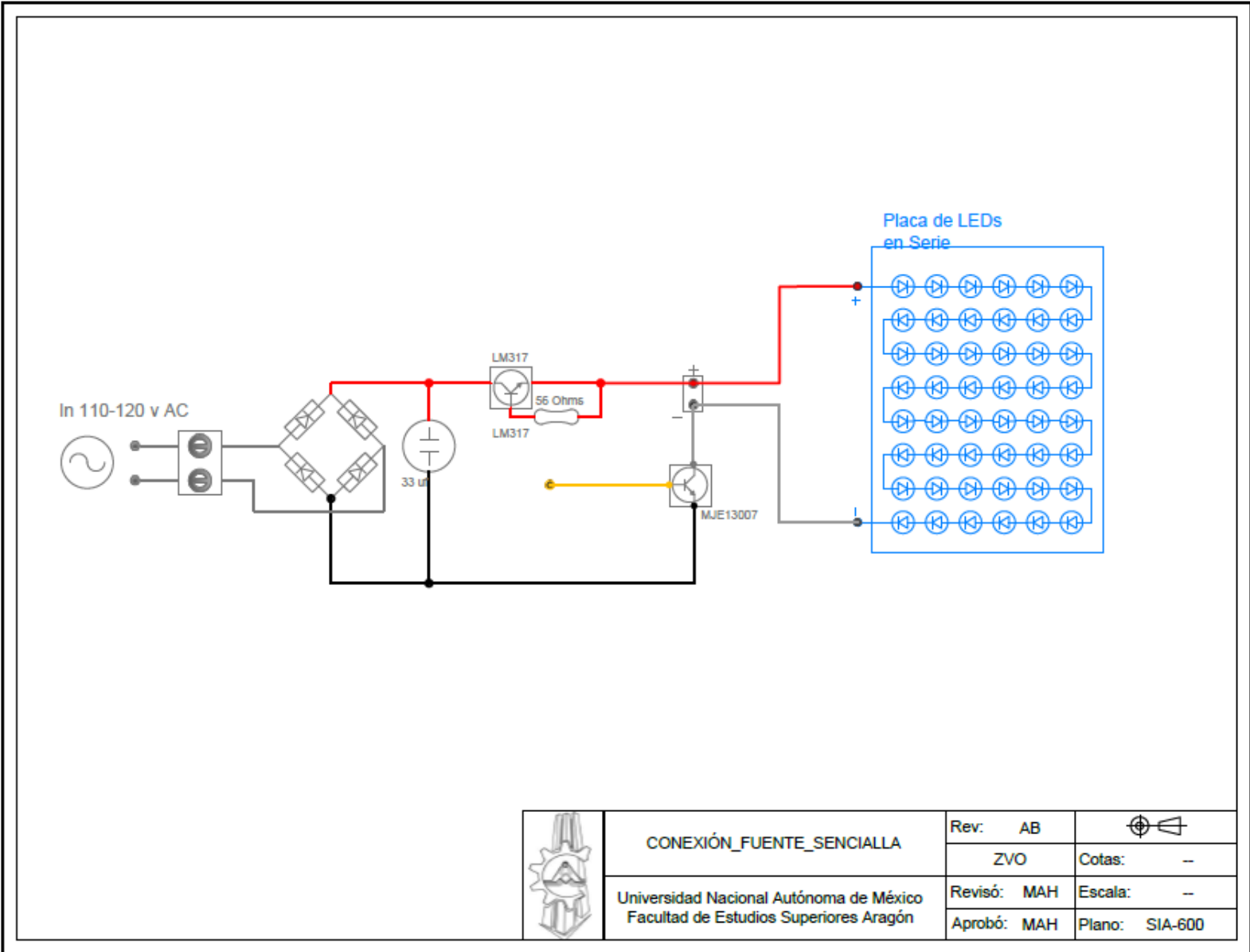


Apéndice A Figura 1: Diagrama de conexión: HT12E – Transmisor RF (Ref. pag.47)



DIAGRAMA_CONTROLADOR Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Estudios Superiores Aragón	Rev: AB	
	ZVO	Cotas: --
	Revisó: MAH	Escala: --
	Aprobó: MAH	Plano: SIA-606

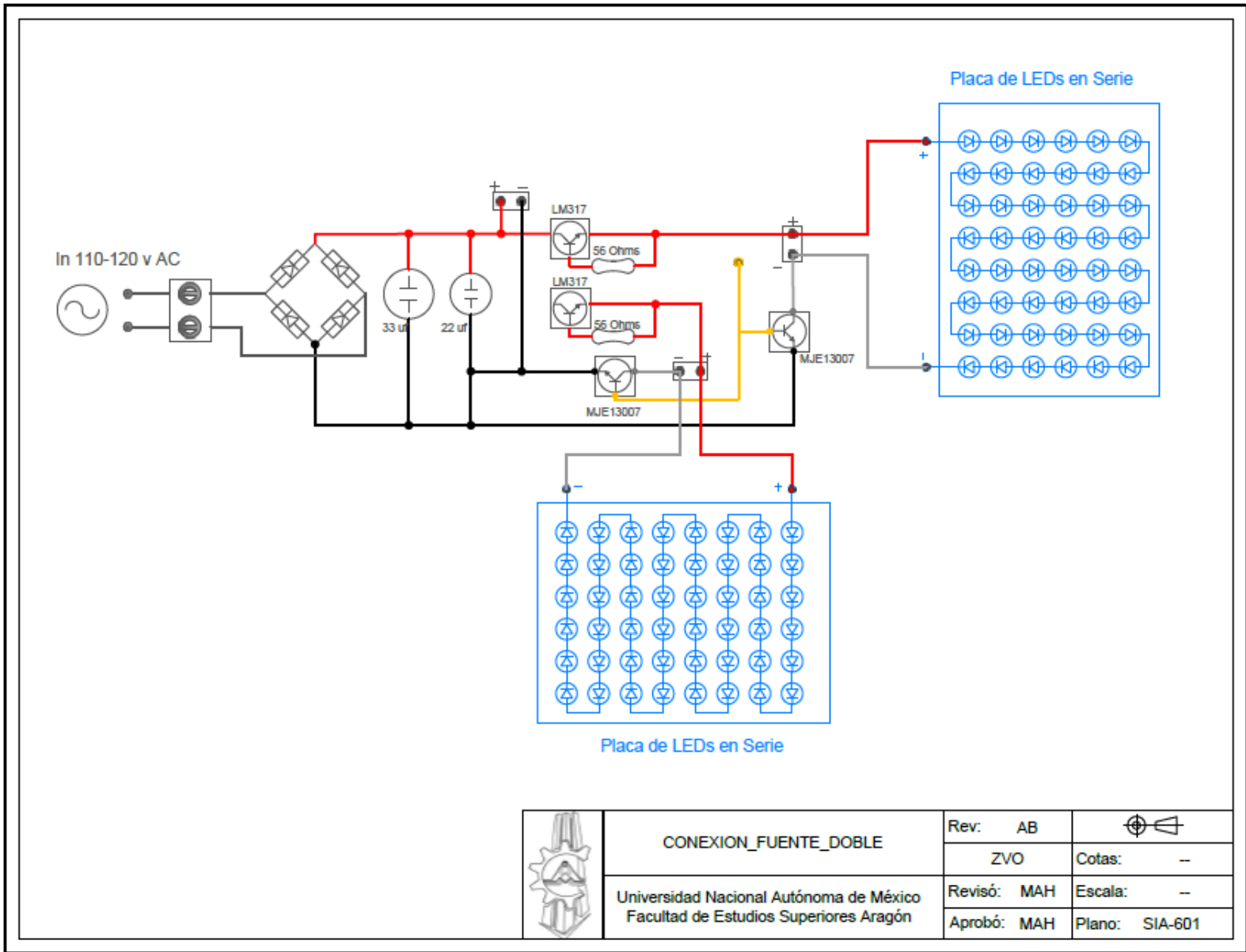
Apéndice A Figura 3: Diagrama de conexión: Controlador – Arduino (Ref. Pág. 60)



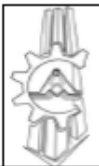
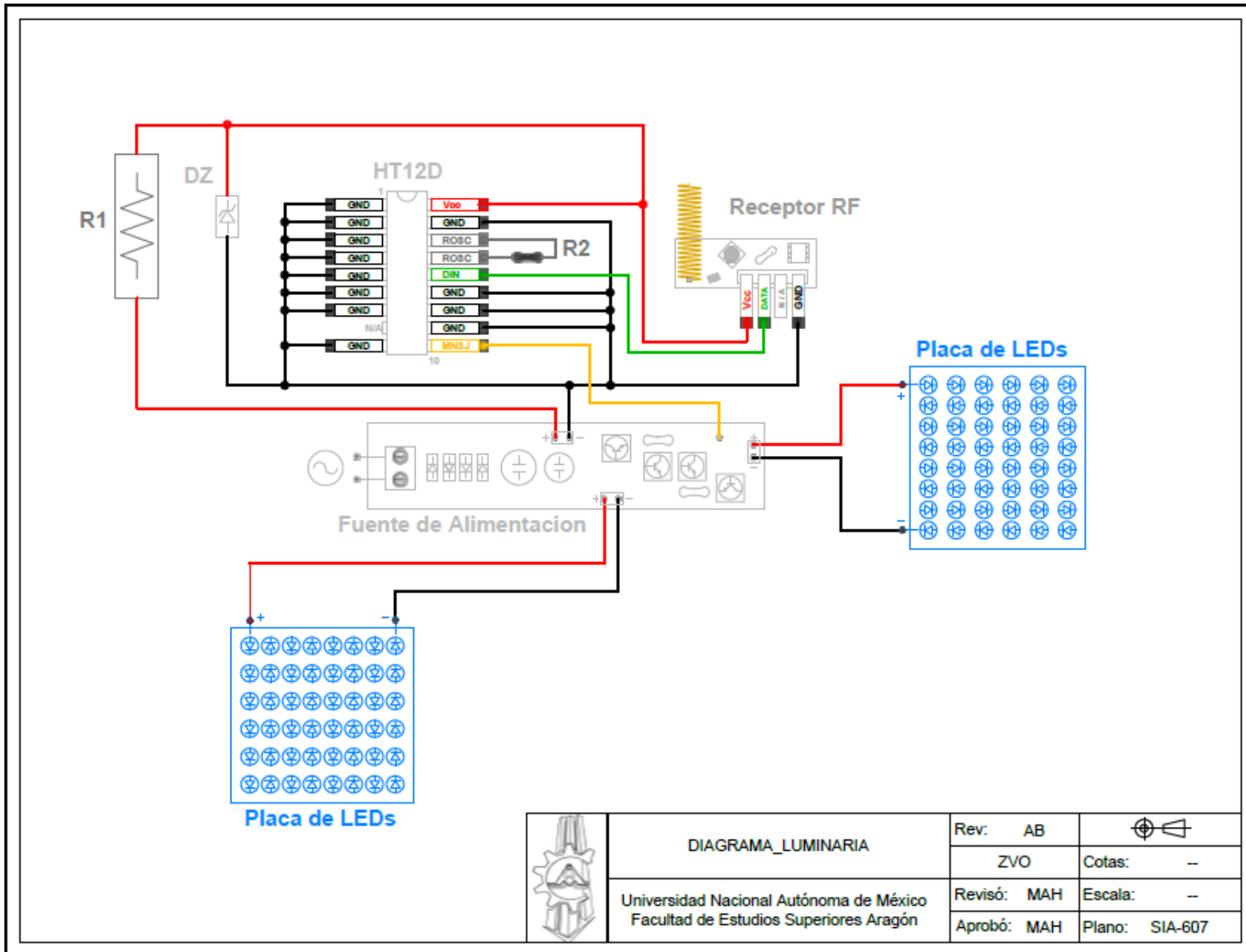
Apéndice A Figura 4: Diagrama de conexión: Fuente de alimentación sencilla (Ref. Pág. 75)

	CONEXIÓN_FUENTE_SENCIALLA	Rev: AB	
		ZVO	Cotas: --
	Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Estudios Superiores Aragón	Revisó: MAH	Escala: --
		Aprobó: MAH	Plano: SIA-600

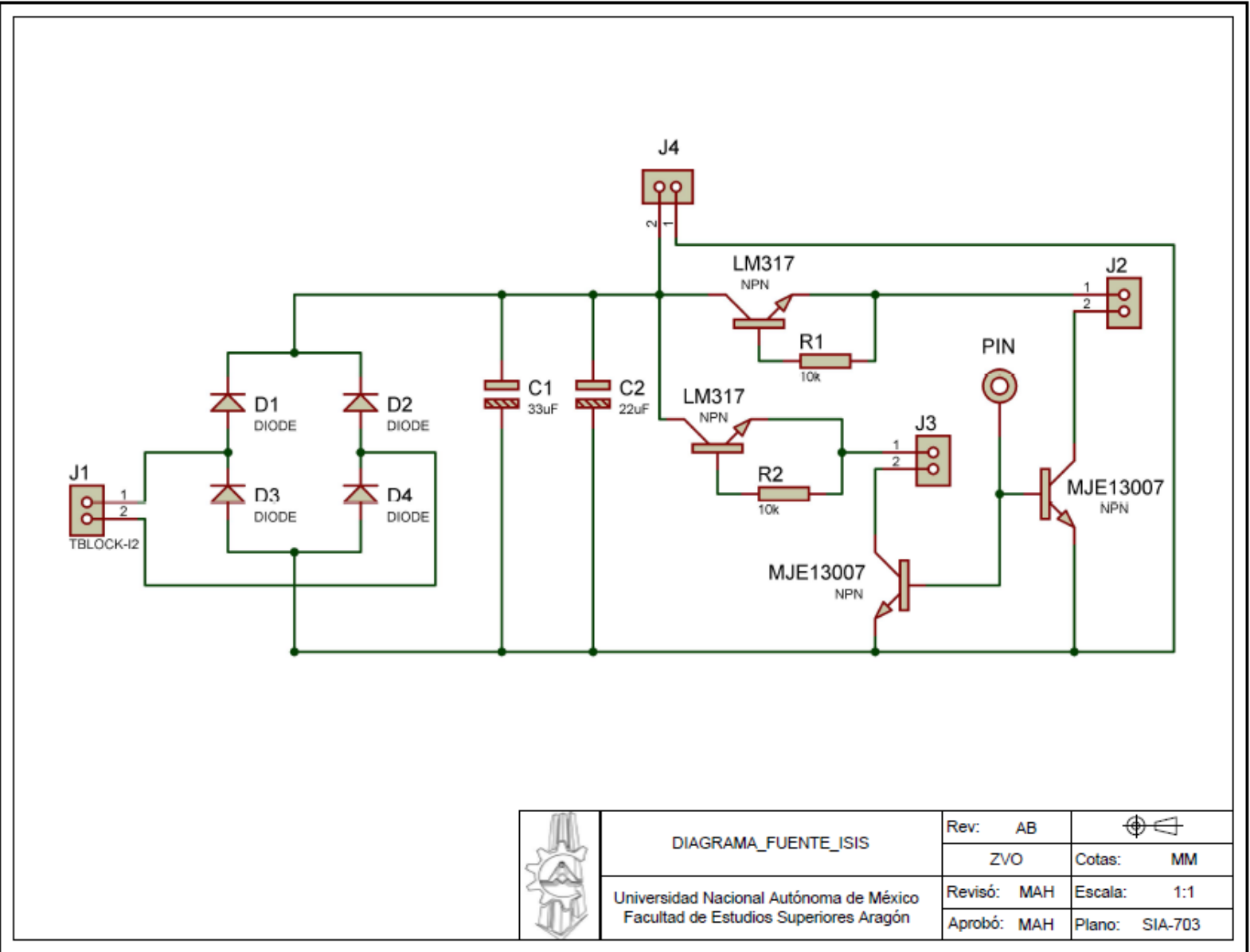
Apéndice A Figura 5: Diagrama de conexión Fuente de alimentación doble (Ref. Pág. 79)



Apéndice A Figura 6: Diagrama de conexión Luminaria (Ref. Pág. 80)



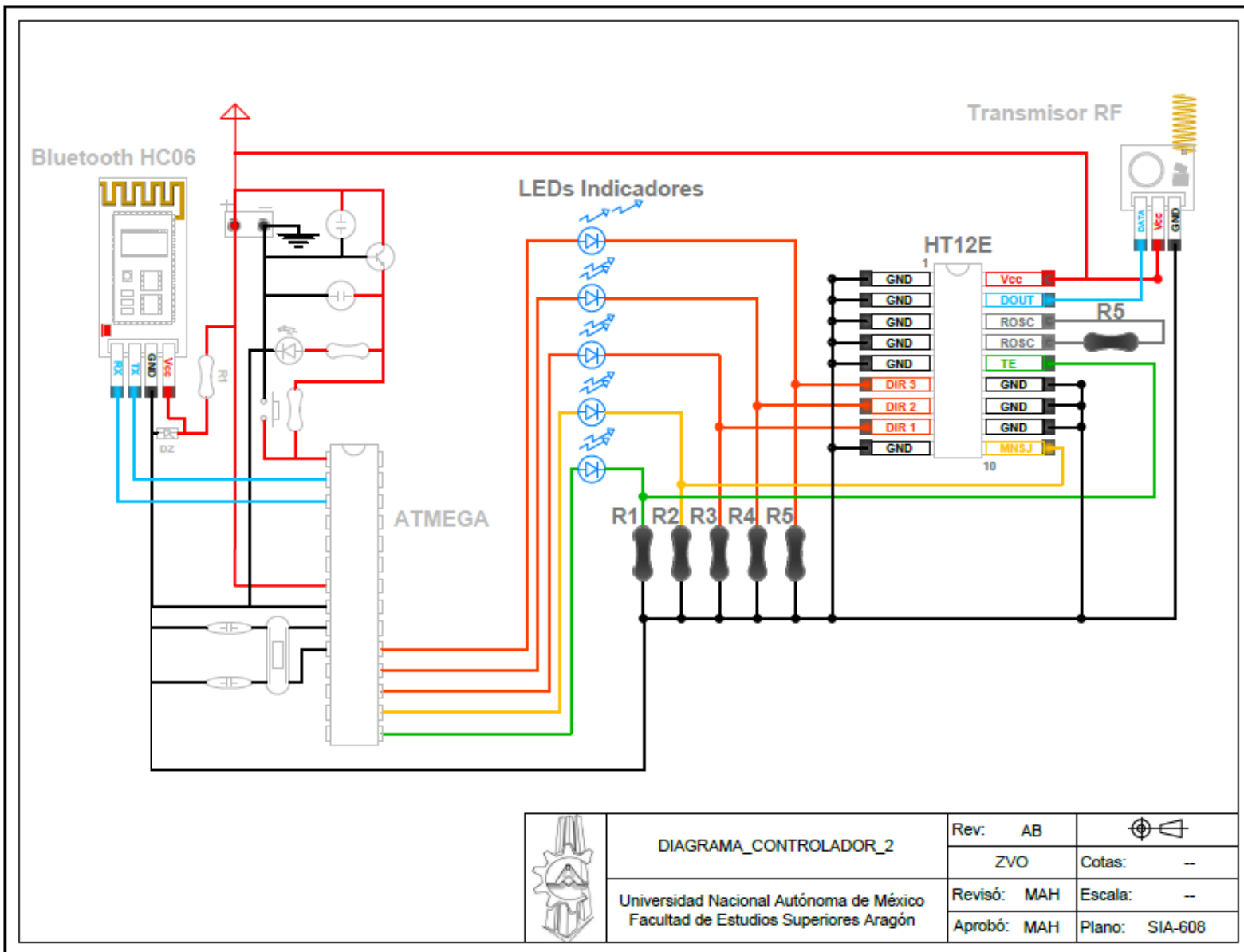
DIAGRAMA_LUMINARIA	Rev: AB	
	ZVO	Cotas: --
	Revisó: MAH	Escala: --
	Aprobó: MAH	Plano: SIA-607

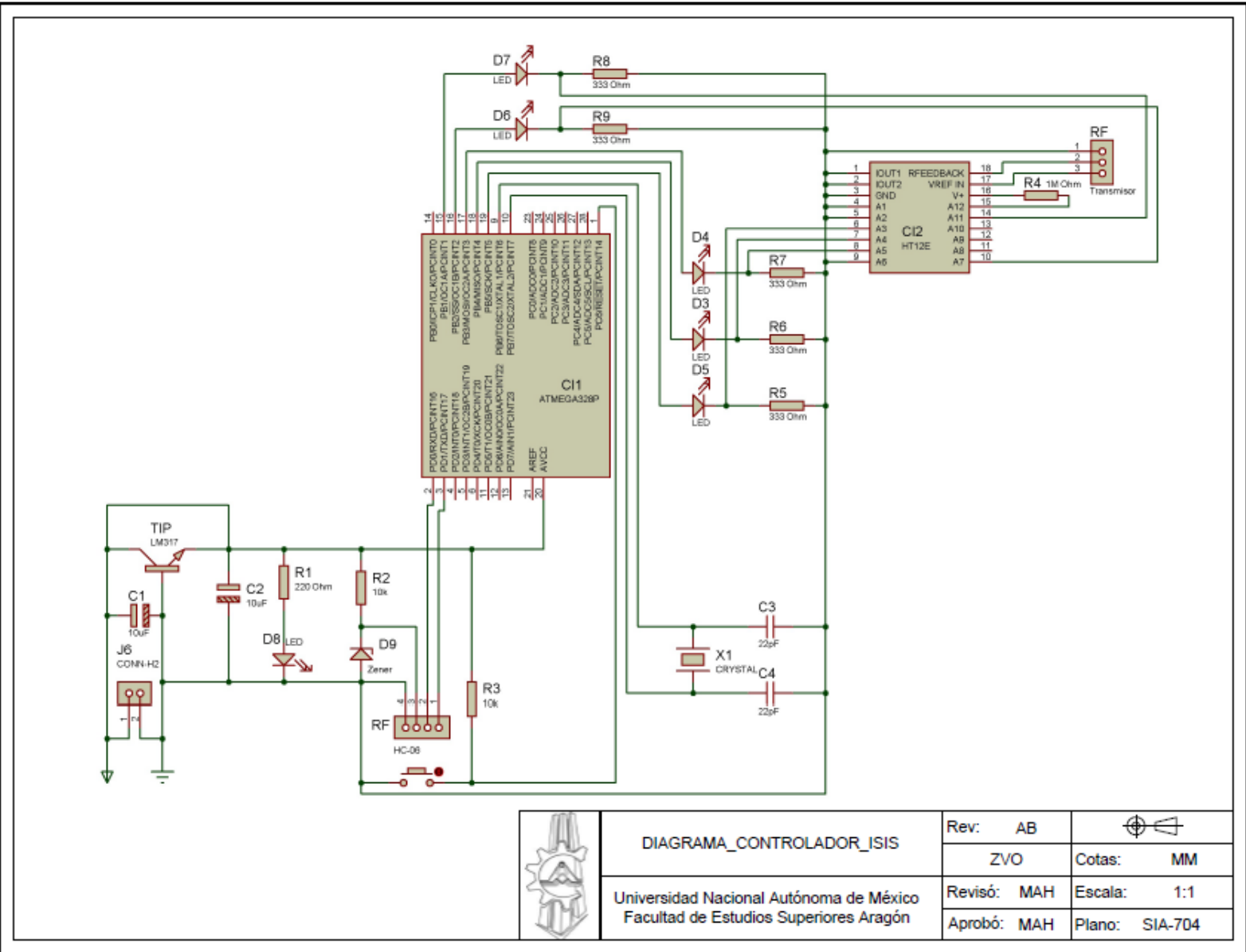


DIAGRAMA_FUENTE_ISIS	Rev: AB	
	ZVO	Cotas: MM
	Revisó: MAH	Escala: 1:1
	Aprobó: MAH	Plano: SIA-703

Apéndice A Figura 7: Diagrama de conexión en ISIS Fuente de alimentación doble (Ref. Pág. 83)

Apéndice A Figura 8: Diagrama de conexión Controlador – ATMEGA 328 (Ref: Pág. 92)



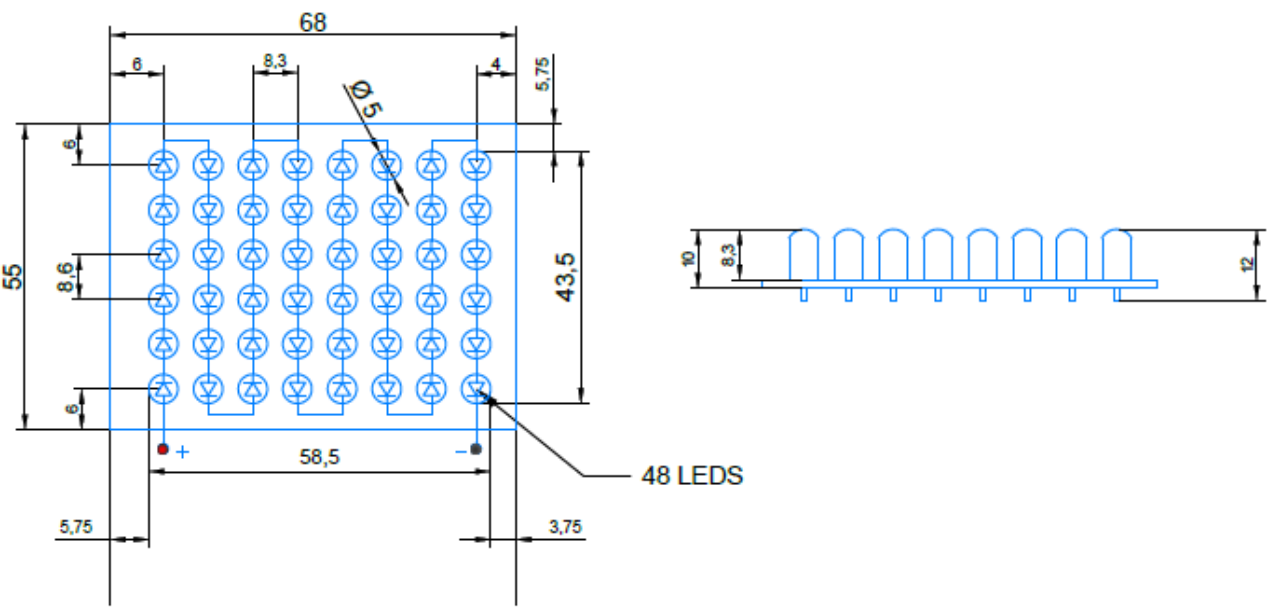


DIAGRAMA_CONTROLADOR_ISIS	Rev: AB	
	ZVO	
Universidad Nacional Autónoma de México Facultad de Estudios Superiores Aragón	Revisó: MAH	Escala: 1:1
	Aprobó: MAH	Plano: SIA-704

Apéndice A Figura 9: Diagrama de conexión en ISIS Circuito controlador (Ref. Pág. 92)



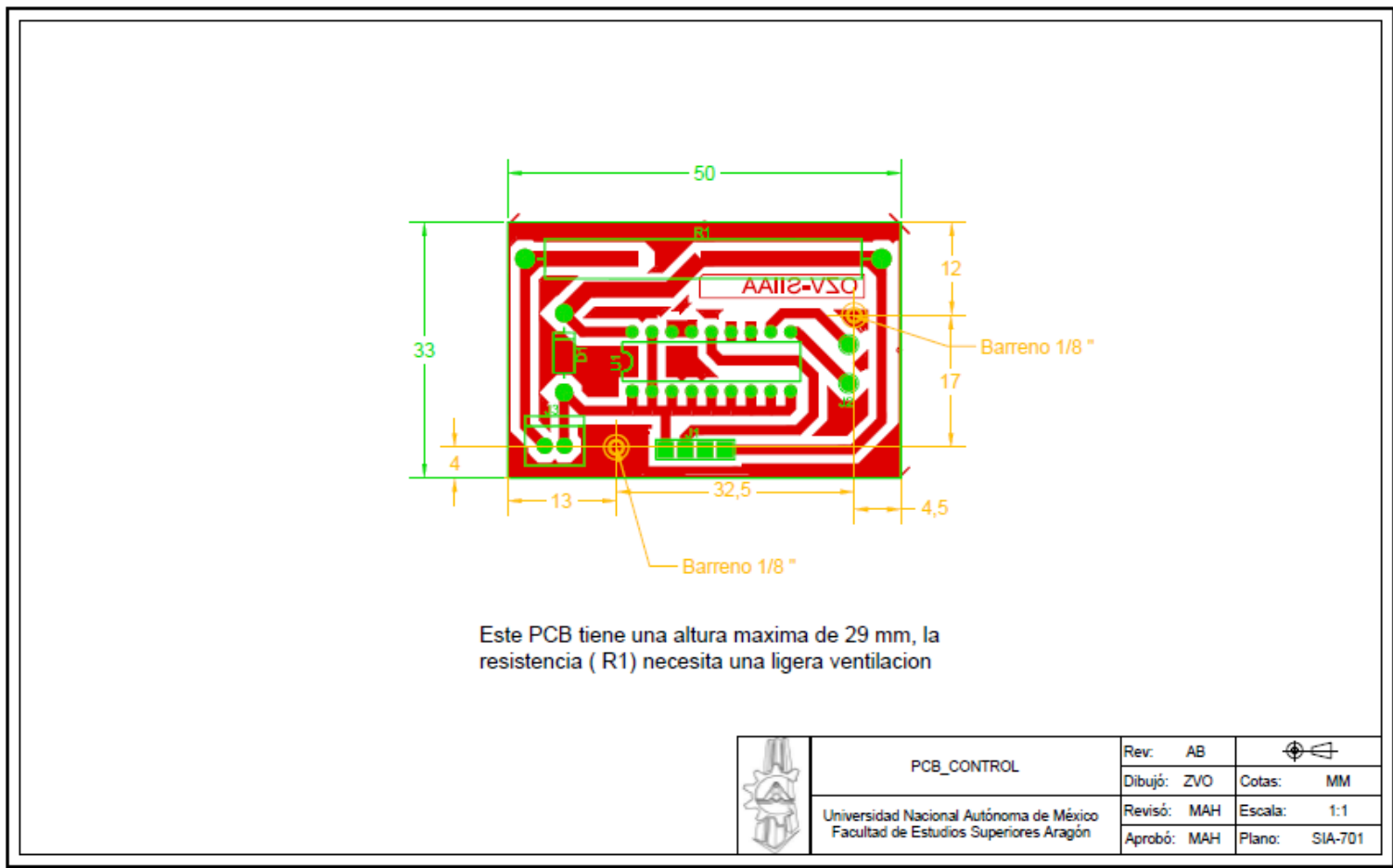
APÉNDICE B: DIAGRAMAS DE CIRCUITOS IMPRESOS

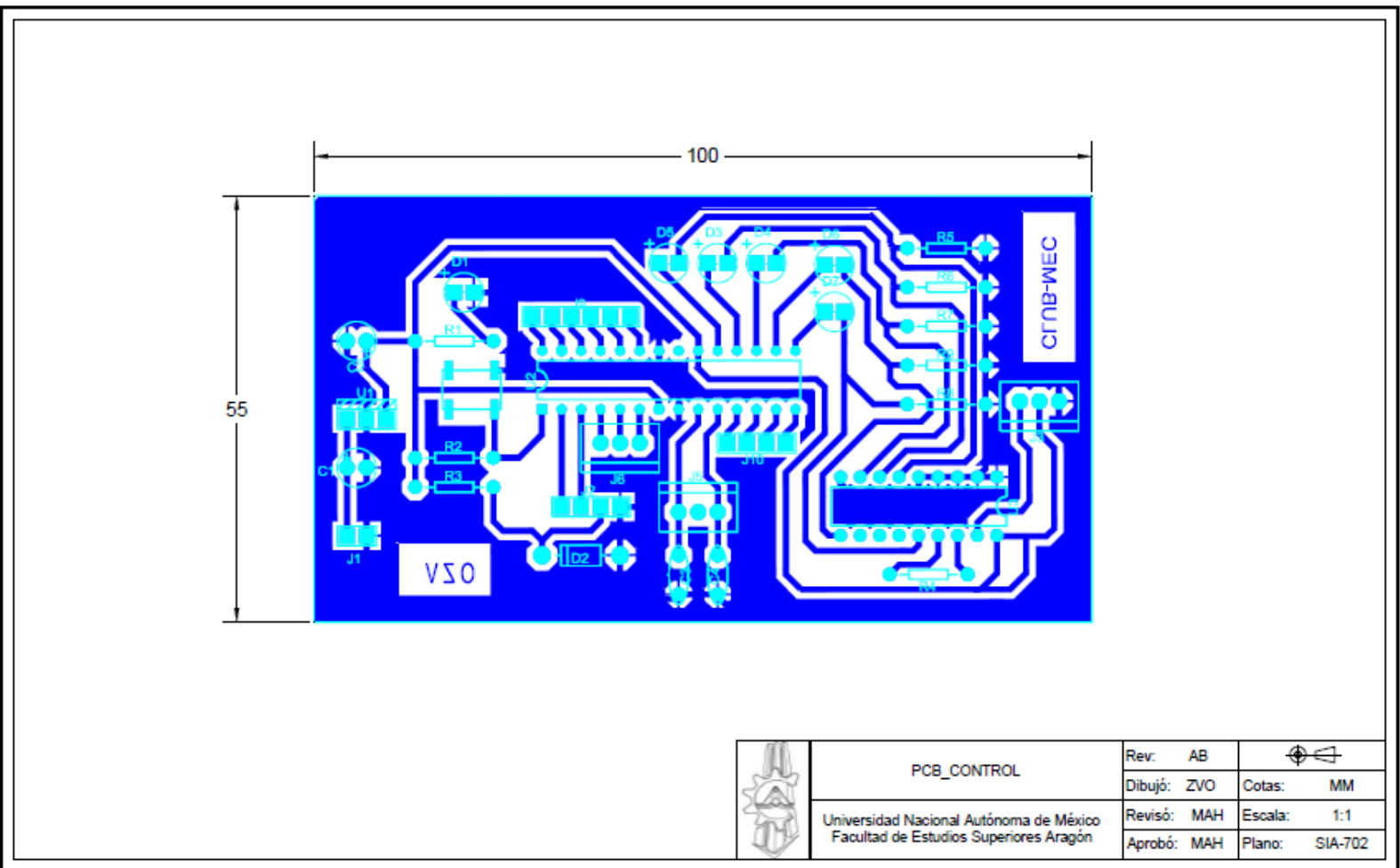


DIAGRAMA_PLACA_LEDS	Rev: AB	
	ZVO	
	Revisó: MAH	Escala: 1:1
	Aprobó: MAH	Plano: SIA-605

Apéndice B Figura 1: Diagrama de placa de LEDs (Ref. Pág. 71)

Apéndice B Figura 3: Diagrama PCB Control/receptor (Ref. Pág. 88)





Apéndice B Figura 4: Diagrama PCB Circuito controlador Atmega – Transmisor RF (Ref. Pág. 92)



APÉNDICE C: SKETCHES DE PROGRAMACIÓN

```

/* Cambio de configuración del módulo Bluetooth mediante comandos AT, para ello el modulo no debe
estar vinculado con ningún dispositivo Bluetooth. */

int contador = 1;

void setup () {
  //Led 13 para indicar final de operación de configuración AT
  pinMode (13,OUTPUT);
  //Velocidad del módulo Bluetooth, 9600 por defecto
  Serial.begin (9600);
  //Apagamos el led 13
  digitalWrite (13,LOW); }

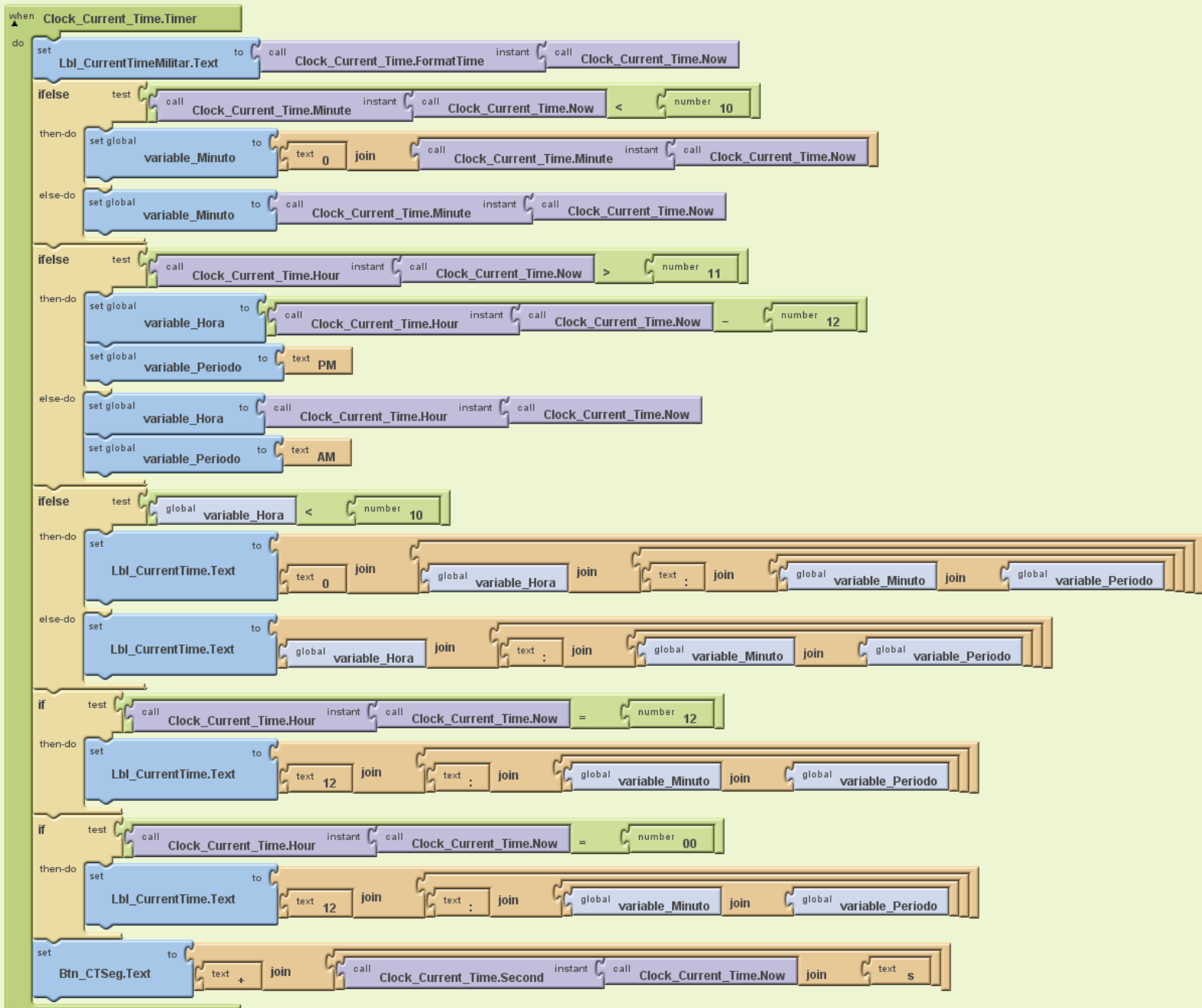
void loop () {
  //Es para realizar los cambios una sola vez
  while (contador==1) {
    //Indicación de tiempo de espera iniciado
    digitalWrite (13,HIGH);
    /*Tiempo de espera de 15 segundos (prudencial, se puede cambiar, depende de lo que
tardas en volver a conectarlos) para reconectar cables RX y TX del módulo Bluetootha la
placa Arduino ya que para programar esta deben estar desconectados */
    delay (15000);
    //Indicación de tiempo de espera finalizado
    digitalWrite (13,LOW);
    //Iniciamos comunicación con modulo Bluetooth mediante comandos AT
    Serial.print ( "AT" );
    //Espera de 1 segundo según datasheet entre envío de comandos AT
    delay (1000);
    //Cambio de nombre donde se envía AT+NAME y seguido el nombre que deseemos
    Serial.print ( "AT+NAMESIA" );
    //Espera de 1 segundo según datasheet entre envío de comandos AT
    delay (1000);
    //Cambio de la velocidad del módulo en baudios donde se envía AT+BAUD, seguido el
número correspondiente
    Serial.print ( "AT+BAUD4" );
    //Espera de 1 segundo según datasheet entre envío de comandos AT
    delay (1000);
    //Configuración Password, se envía AT+PIN y seguido password que queremos
    Serial.print ( "AT+PIN1234" );
    //Espera de 1 segundo según datasheet entre envío de comandos AT
    delay (1000);
    /*Mostramos tanto por puerto serial y por led la finalización de la
configuración AT del módulo bluetooth*/
    Serial.print ( "OK Cambios Realizados correctamente" );
    digitalWrite (13,HIGH); }

  /*Al tener contador=2 ya no se vuelve a repetir el while, a no ser que se produzca un reset, por tanto
comenzaría un nuevo cambio de configuración */
  contador=2; }

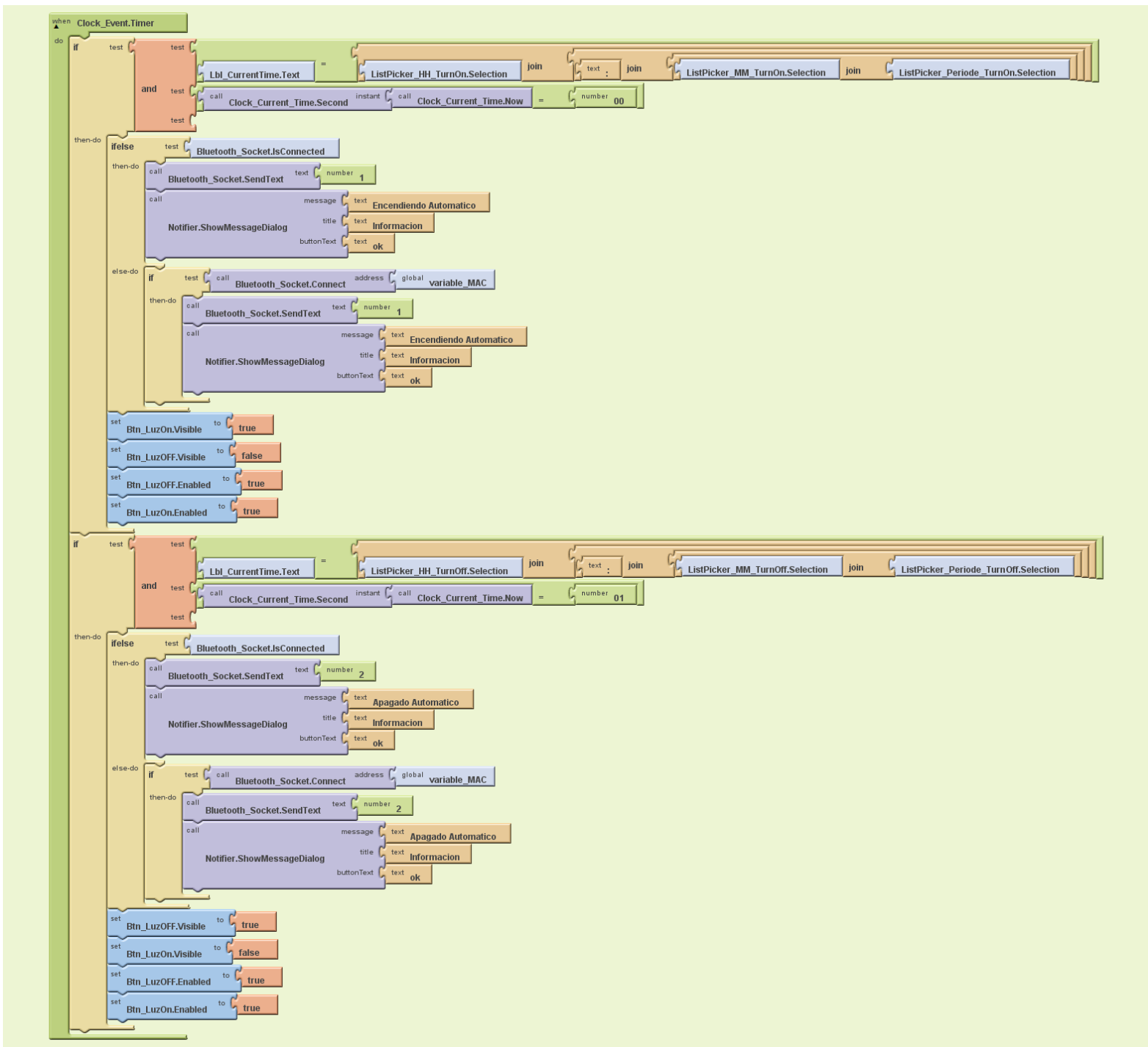
```

Apéndice C Figura 1: Sketch de Arduino: Comandos AT para Bluetooth (Ref. pag.41)

Apêndice C Figura 2: Código de blocques de "Current_Clock" (Ref. Pág. 111)



Apéndice C Figura 3: Código de bloques de "Event_Clock" (Ref. Pág. 115)





**APÉNDICE D: HOJAS DE DATOS DE
LOS CIRCUITOS INTEGRADOS Y
COMPONENTES**

Features

- Operating voltage: 2.4V~12V
- Low power and high noise immunity CMOS technology
- Low standby current
- Capable of decoding 12 bits of information
- Binary address setting
- Received codes are checked 3 times
- Address/Data number combination
 - HT12D: 8 address bits and 4 data bits
 - HT12F: 12 address bits only
- Built-in oscillator needs only 5% resistor
- Valid transmission indicator
- Easy interface with an RF or an infrared transmission medium
- Minimal external components
- Pair with Holtek's 2¹² series of encoders
- 18-pin DIP, 20-pin SOP package

Applications

- Burglar alarm system
- Smoke and fire alarm system
- Garage door controllers
- Car door controllers
- Car alarm system
- Security system
- Cordless telephones
- Other remote control systems

General Description

The 2¹² decoders are a series of CMOS LSIs for remote control system applications. They are paired with Holtek's 2¹² series of encoders (refer to the encoder/decoder cross reference table). For proper operation, a pair of encoder/decoder with the same number of addresses and data format should be chosen.

The decoders receive serial addresses and data from a programmed 2¹² series of encoders that are transmitted by a carrier using an RF or an IR transmission medium. They compare the serial input data three times continu-

ously with their local addresses. If no error or unmatched codes are found, the input data codes are decoded and then transferred to the output pins. The VT pin also goes high to indicate a valid transmission.

The 2¹² series of decoders are capable of decoding informations that consist of N bits of address and 12-N bits of data. Of this series, the HT12D is arranged to provide 8 address bits and 4 data bits, and HT12F is used to decode 12 bits of address information.

Selection Table

Part No.	Function	Address No.	Data		VT	Oscillator	Trigger	Package
			No.	Type				
HT12D		8	4	L	√	RC oscillator	DIN active "Hi"	18DIP, 20SOP
HT12F		12	0	—	√	RC oscillator	DIN active "Hi"	18DIP, 20SOP

Notes: Data type: L stands for latch type data output.

VT can be used as a momentary data output.

Features

- Operating voltage
 - 2.4V~5V for the HT12A
 - 2.4V~12V for the HT12E
- Low power and high noise immunity CMOS technology
- Low standby current: 0.1μA (typ.) at V_{DD}=5V
- HT12A with a 38kHz carrier for infrared transmission medium
- Minimum transmission word
 - Four words for the HT12E
 - One word for the HT12A
- Built-in oscillator needs only 5% resistor
- Data code has positive polarity
- Minimal external components
- HT12A/E: 18-pin DIP/20-pin SOP package

Applications

- Burglar alarm system
- Smoke and fire alarm system
- Garage door controllers
- Car door controllers
- Car alarm system
- Security system
- Cordless telephones
- Other remote control systems

General Description

The 2¹² encoders are a series of CMOS LSIs for remote control system applications. They are capable of encoding information which consists of N address bits and 12-N data bits. Each address/data input can be set to one of the two logic states. The programmed addresses/data are transmitted together with the header bits

via an RF or an infrared transmission medium upon receipt of a trigger signal. The capability to select a \overline{TE} trigger on the HT12E or a DATA trigger on the HT12A further enhances the application flexibility of the 2¹² series of encoders. The HT12A additionally provides a 38kHz carrier for infrared systems.

Selection Table

Function Part No.	Address No.	Address/ Data No.	Data No.	Oscillator	Trigger	Package	Carrier Output	Negative Polarity
HT12A	8	0	4	45.5kHz resonator	D8-D11	18 DIP 20 SOP	38kHz	No
HT12E	8	4	0	RC oscillator	\overline{TE}	18 DIP 20 SOP	No	No

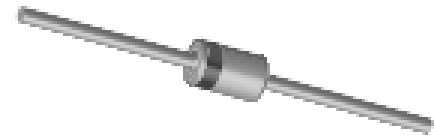
Note: Address/Data represents pins that can be address or data according to the decoder requirement.

1.0W Zener Diode

1N4728A thru 1N4764A

Nominal Zener Voltage: 3.3 to 100V

Power Dissipation: 1.0W

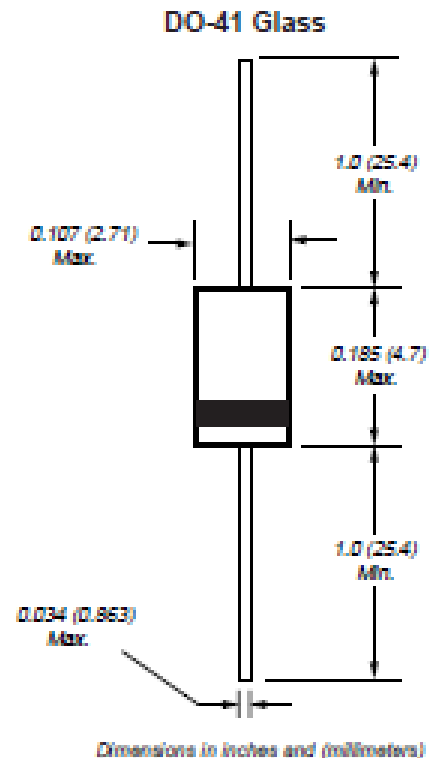


Features

- 1.0 Watt Power Dissipation
- 3.3V - 100V Nominal Zener Voltage
- Standard V_z Tolerance is 5%

Mechanical Data

- Case: DO-41, Glass
- Terminals: Solderable per MIL-STD-202, Method 208
- Polarity: Cathode Band
- Approx. Weight: 0.35 grams



Maximum Ratings @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified

Characteristic	Symbol	Value	Unit
Zener Current (see Table page 2)	I_z	P_d / V_z	mA
Power Dissipation Derate Above 50°C (Note 1)	P_d	1.0 6.67	W mW/°C
Thermal Resistance - Junction to Ambient Air	$R_{\theta JA}$	175	°C/W
Forward Voltage @ $I_F = 200$ mA	V_F	1.2	V
Operating and Storage Temperature Range	T_J, T_{STG}	-65 to +200	°C

Note: 1. Valid provided that leads are kept at T_L @ 50°C with lead length = 9.5mm (3/8") from case.

Designer's Data Sheet
SWITCHMODE™
NPN Bipolar Power Transistor
For Switching Power Supply Applications

The MJE13007 is designed for high-voltage, high-speed power switching inductive circuits where fall time is critical. It is particularly suited for 115 and 220 V switchmode applications such as Switching Regulators, Inverters, Motor Controls, Solenoid/Relay drivers and Deflection circuits.

- V_{CEO(sus)} 400 V
- Reverse Bias SOA with Inductive Loads @ T_C = 100°C
- 700 V Blocking Capability
- SOA and Switching Applications Information
- Two Package Choices: Standard TO-220 or Isolated TO-220
- MJF13007 is UL Recognized to 3500 VRMS, File #E69369

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	MJE13007	MJF13007	Unit
Collector-Emitter Sustaining Voltage	V _{CEO}	400		Vdc
Collector-Emitter Breakdown Voltage	V _{CES}	700		Vdc
Emitter-Base Voltage	V _{EB0}	9.0		Vdc
Collector Current — Continuous	I _C	8.0		Adc
— Peak (1)	I _{CM}	18		
Base Current — Continuous	I _B	4.0		Adc
— Peak (1)	I _{BM}	8.0		
Emitter Current — Continuous	I _E	12		Adc
— Peak (1)	I _{EM}	24		
RMS Isolation Voltage (for 1 sec, R.H. < 30%, T _A = 25°C) Test No. 1 Per Fig. 15 Test No. 2 Per Fig. 16 Test No. 3 Per Fig. 17 Proper strike and creepage distance must be provided	V _{ISOL}	—	4500 3500 1500	V
Total Device Dissipation @ T _C = 25°C Derate above 25°C	P _D	80 0.84	40* 0.32	Watts WPC
Operating and Storage Temperature	T _J , T _{stg}	- 65 to 150		°C

THERMAL CHARACTERISTICS

Thermal Resistance — Junction to Case	R _{θJC}	1.58	3.12	°C/W
— Junction to Ambient	R _{θJA}	82.5	82.5	
Maximum Lead Temperature for Soldering Purposes: 1/8" from Case for 5 Seconds	T _L	260		°C

(1) Pulse Test: Pulse Width = 5.0 ms, Duty Cycle ≤ 10%.

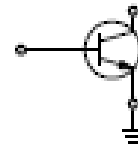
*Measurement made with thermocouple contacting the bottom insulated mount surface of the package (in a location beneath the die), the device mounted on a heatsink with thermal grease applied at a mounting torque of 8 to 8+lb.

Designer's Data for "Worst Case" Conditions. — The Designer's Data Sheet permits the design of most circuits entirely from the information presented. SOA Limit curves — representing boundaries on device characteristics — are given to facilitate "worst case" design.

Designer's and SWITCHMODE are trademarks of Motorola, Inc.

MJE13007
MJF13007

POWER TRANSISTOR
8.0 AMPERES
400 VOLTS
80/40 WATTS



CASE 221A-06
TO-220AB
MJE13007



CASE 221D-02
ISOLATED TO-220 TYPE
UL RECOGNIZED
MJF13007



1.2V TO 37V VOLTAGE REGULATOR

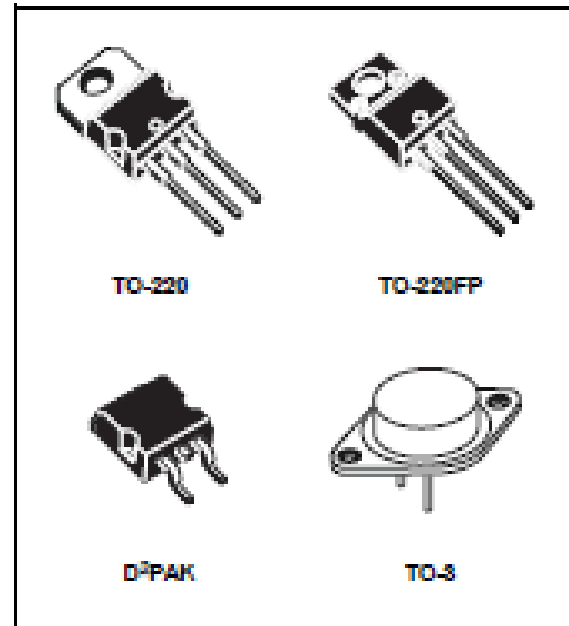
- OUTPUT VOLTAGE RANGE: 1.2 TO 37V
- OUTPUT CURRENT IN EXCESS OF 1.5A
- 0.1% LINE AND LOAD REGULATION
- FLOATING OPERATION FOR HIGH VOLTAGES
- COMPLETE SERIES OF PROTECTIONS:
CURRENT LIMITING, THERMAL
SHUTDOWN AND SOA CONTROL

DESCRIPTION

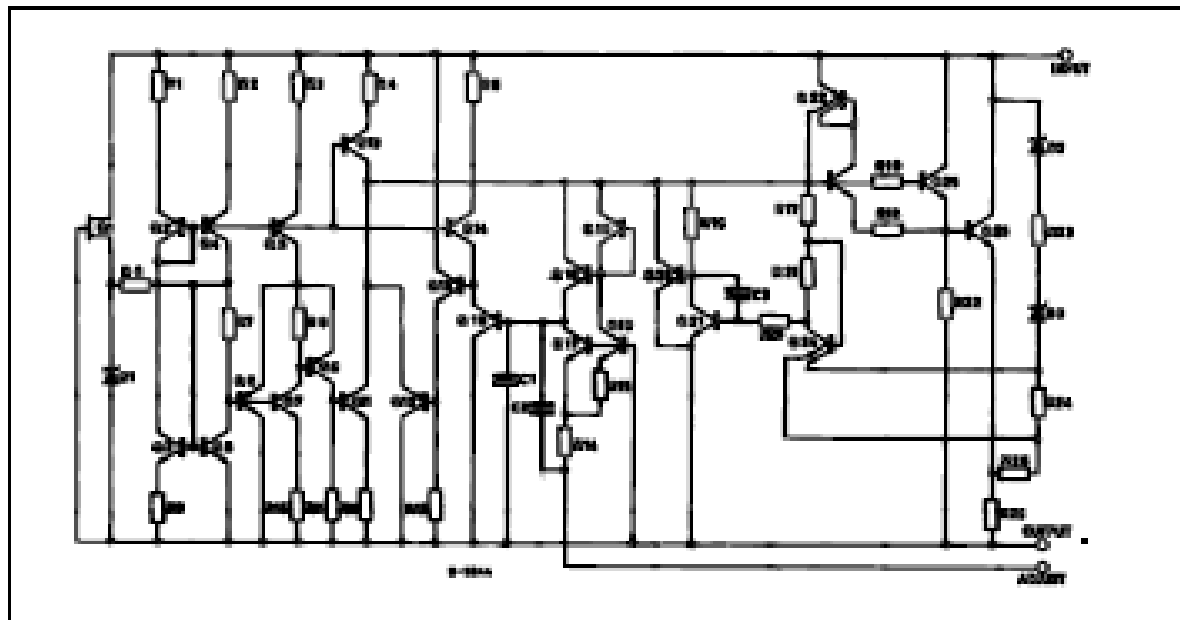
The LM117/LM217/LM317 are monolithic integrated circuit in TO-220, TO-220FP, TO-3 and D²PAK packages intended for use as positive adjustable voltage regulators.

They are designed to supply more than 1.5A of load current with an output voltage adjustable over a 1.2 to 37V range.

The nominal output voltage is selected by means of only a resistive divider, making the device exceptionally easy to use and eliminating the stocking of many fixed regulators.



SCHEMATIC DIAGRAM



Technical Data Sheet
5 mm Round White LED (T-1 3/4)

Preliminary

334-15/T1C1-4WYA

Features

- Popular T-1 3/4 colorless 5mm package.
- High luminous power.
- Typical chromaticity coordinates $x=0.30, y=0.29$ according to CIE1931.
- Bulk, available taped on reel.
- ESD-withstand voltage: up to 4KV
- The product itself will remain within RoHS compliant version.



Descriptions

- The series is designed for application required high luminous intensity.
- The phosphor filled in the reflector converts the blue emission of InGaN chip to ideal white.

Applications

- Outdoor Displays
- Optical Indicators
- Backlighting
- Marker Lights

Device Selection Guide

PART NO.	Chip		Lens Color
	Material	Emitted Color	
334-15/T1C1-4WYA	InGaN	White	Water Clear

REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

- i. C. R. MORALES , F. V. SERRANO,
“DOMÓTICA E INMÓTICA, VIVIENDAS Y EDIFICIOS INTELIGENTES”
ALFAOMEGA RA-MA, MÉXICO 2007
- ii. J. M. HUIDROBO, R. J. MILLÁN,
“MANUAL DE DOMÓTICA”,
CREACIONES, ESPAÑA 2010
- iii. J. LAMAS GRAZIANI, J. M. QUINTERO, J. D. SANDOVAL GONZÁLEZ,
“DOMÓTICA: SISTEMAS DE CONTROL PARA VIVIENDAS Y EDIFICIOS”
ESPAÑA 2008
- iv. D. PÉREZ DÍAZ,
“APLICACIÓN DE UN SISTEMA DE DOMÓTICA POCO INVASIVO PARA UNA CASA
HABITACIÓN”
TESIS DE LICENCIATURA ING. MECÁNICA, FES ARAGÓN UNAM, 2013
- v. “MIT APPINVENTOR TEACH”
GOOGLE CORP, 2012
<http://www.appinventor.mit.edu/teach>
- vi. TÉCNICAS DE SERIGRAFIA, 2009 SÁNCHEZ
www.tecnicaserigrafica.com.mx, www.sanchez.com.mx
- vii. APUNTES DE ELECTRONICA, 2008
<https://electronicavm.files.wordpress.com>