



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA INTELIGENTE DE SIMULACIÓN DE PRESENCIA DE PERSONAS, CONTROL DE USUARIO Y ALARMAS DE INTRUSIÓN PARA SEGURIDAD DE HOGARES.

FAUSTO ULPIANO CAICEDO BENAVIDES

Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, presentado ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado de:

**MAGÍSTER EN SISTEMAS DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN
INDUSTRIAL**

Riobamba - Ecuador

Julio 2018

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL CHIMBORAZO

CERTIFICACIÓN:

EL TRIBUNAL DE TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, titulado “Diseño e implementación de un sistema inteligente de simulación de presencia de personas, control de usuario y alarmas de intrusión para seguridad de hogares”, de responsabilidad del Sr. Ing. Fausto Ulpiano Caicedo Benavides, ha sido prolijamente revisado y se autoriza su presentación.

Tribunal:

Ing. Proaño Ortiz Fredy; Ph.D.
PRESIDENTE

FIRMA

Ing. Lozada Yanez Pablo; MSc.
DIRECTOR

FIRMA

Ing. Jiménez Granizo Cristhy; Msc.
MIEMBRO

FIRMA

Ing. Gavilanes Carrión Javier; Msc
MIEMBRO

FIRMA

Riobamba, julio 2018

DERECHOS INTELECTUALES

Yo, FAUSTO ULPIANO CAICEDO BENAVIDES, declaro que soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en el **Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo**, y que el patrimonio intelectual generado por la misma pertenece exclusivamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

FAUSTO ULPIANO CAICEDO BENAVIDES
No. Cédula: (160037660-0)

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación va dedicado a las personas quienes son mi motor e impulso para salir siempre adelante, mi Esposa Sandra, mi hija Annie, mi madre Clarita, mi padre Arnulfo y a mis hermanas por su apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTO

El agradecimiento eterno siempre a Dios, a mis padres, hermanas por su apoyo, a mi esposa e hija por su infinita comprensión, tiempo y amor incondicional y toda mi familia que siempre está pendiente de mí.

Fausto

CONTENIDO

RESUMEN	xiv
SUMMARY	xv

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN.	1
1.1. Problema de investigación.	1
1.1.1. Planteamiento del Problema.	1
1.1.2. Formulación del problema:	2
1.1.3. Preguntas directrices o específicas de la investigación:	2
1.1.4. Justificación de la investigación:	2
1.1.5. Objetivos	3
1.1.5.1. Objetivo General.....	3
1.1.5.2. Objetivos Específicos:	3
1.1.6. Hipótesis	4

CAPÍTULO II

2. MARCO DE REFERENCIA	5
2.1. Antecedentes del problema.....	5
2.2. Bases Teóricas	8
2.2.1. Sistema domótico.....	8
2.2.2. Control Inteligente	8
2.2.3. Lógica difusa	8
2.2.3.1. Funcionalidad del proceso Fuzzy	9
2.2.3.2. Fusificación.....	9
2.2.3.3. Tipos de conjuntos difusos	9

2.2.3.3.	Inferencia	10
2.2.4.	Sistema de control multivariable y su estabilidad.	11
2.2.5.	Control de ingreso al hogar y alarmas.....	12
2.2.6.	La incertidumbre como herramienta en la ingeniería de software.....	13

CAPÍTULO III

3.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.	15
3.1.	Tipo de Investigación.	15
3.2.	Diseño de la investigación.	15
3.3.	Métodos y técnicas	15
3.4.	Recursos	16
3.5.	Planteamiento de la hipótesis.....	16
3.6.	Desarrollo de la metodología propuesta.....	16
3.6.1.	Diseño en AutoCAD de un hogar unifamiliar estándar de una planta.	17
3.6.2.	Construcción de la maqueta a escala de un hogar unifamiliar estándar de una planta.	18
3.6.3.	Etapa de acondicionamiento de las señales de salida.....	19
3.6.3.1.	Diseño del hardware de la etapa de acondicionamiento de la señal de salida.....	20
3.6.4.	Etapa de acondicionamiento de la señal de entrada.	21
3.6.4.1.	Diseño del hardware de la etapa de acondicionamiento de la señal de entrada.	21
3.6.5.	Adquisición de la señal mediante dispositivo Arduino.	23
3.6.6.	Diseño del Sistema Inteligente.....	23
3.6.7.	Visualización de la señal mediante la plataforma LabVIEW	29
3.6.7.1.	Comunicación software.....	29
3.7.	Desarrollo del Controlador	31
3.7.7.	Análisis de probabilidades	31
3.7.8.	Intervalos y subintervalos de tiempo.	34
3.7.9.	Generación tabla global con elementos.....	36
3.8.	Desarrollo del HMI en LabVIEW.	37

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	39
4.1. Resultados.....	39
4.1.1. Obtención de datos mediante el sistema inteligente.....	39
4.1.2. Funcionamiento del Sistema en el Hogar	40
4.1.3. Funcionamiento de los componentes electrónicos y comunicación del Sistema de Control.....	44
4.1.4. Funcionamiento HMI	45
4.1.5. Funcionamiento del Sistema Automático	46
4.2. Demostración hipótesis: Comparación de medidores	46
CONCLUSIONES.....	53
RECOMENDACIONES.....	55
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-3:	63 POSIBILIDADES-COMBINACIONES SEGÚN LOS ESPACIOS CONSIDERADOS EN EL DISEÑO DEL HOGAR.	32
Tabla 1-4:	MEDIAS DE INTERVALOS DE TIEMPO.	49
Tabla 2-4:	COMBINACIONES SEGÚN LOS DÍAS DE CONTROL REALIZADOS. ...	50
Tabla 3-4:	DATOS DESCRIPTIVOS.	51
Tabla 4-4:	RESULTADOS MEDIANTE PRUEBA ANOVA.	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Controlador multivariable lazo cerrado	6
Figura 2-2:	Proceso Difuso	9
Figura 3-2:	Tipos de conjuntos difusos	10
Figura 1-3:	Diseño en AutoCad del hogar unifamiliar estándar de una planta.	17
Figura 2-3:	Disposición de los espacios interiores del hogar.....	18
Figura 3-3:	Estructura externa del hogar.	18
Figura 4-3:	Estructura interna del hogar.....	19
Figura 5-3:	Vista frontal del hogar.....	19
Figura 6-3:	Transistor 2N3904.	20
Figura 7-3:	Diagrama eléctrico de la salida DO2.....	20
Figura 8-3:	Diagrama eléctrico de la salida DO8.	21
Figura 9-3:	Diagrama eléctrico de la entrada DI9.	22
Figura 10-3:	Potenciómetro de la precisión.....	22
Figura 11-3:	Diagrama eléctrico de la entrada AI0.	23
Figura 12-3:	Diagrama de bloques del proyecto.....	23
Figura 13-3:	Esquema de equipos del proyecto.....	24
Figura 14-3:	Adquisición de señales y flujograma en LabVIEW.	25
Figura 15-3:	Adquisición de señales y flujograma en LabVIEW.	22
Figura 16-3:	Variable de entrada y salida en el primer intervalo de tiempo.	24
Figura 17-3:	Test del Sistema en el primer intervalo de tiempo.	25
Figura 18-3:	Variable de entrada y salida en el segundo intervalo de tiempo.	26
Figura 19-3:	Test del Sistema en el segundo intervalo de tiempo.	27
Figura 20-3:	Variable de entrada y salida en el tercer intervalo de tiempo.....	28
Figura 21-3:	Test del Sistema en el tercer intervalo de tiempo.	29
Figura 22-3:	Instalación LabVIEW Interface for Arduino.	30
Figura 23-3:	Configuración PuertoCom Arduino.....	30
Figura 24-3:	LabVIEW Interface for Arduino.	30
Figura 25-3:	Programa diseñado en LabVIEW.	31
Figura 26-3:	Intervalos y subintervalos de tiempo.	34
Figura 27-3:	Sistema Inteligente vs Valor Numérico.	35
Figura 28-3:	Sistema Inteligente vs Valor Numérico de Combinación.	35
Figura 29-3:	Tabla global con elementos.	36
Figura 30-3:	Adquisición de señales.	37
Figura 31-3:	HMI del proyecto diseñado en LabVIEW.	38
Figura 1-4:	Ingreso adecuado del control de usuario.....	39

Figura 2-4:	Hogar a escala donde se realiza la implementación.	40
Figura 3-4:	Ventanas, puertas y elementos de iluminación en el hogar.	41
Figura 4-4:	Intervalos y subintervalos ingresados correctamente.	41
Figura 5-4:	Generación de los elementos en la tabla global.	42
Figura 6-4:	Sistema de control activado.	42
Figura 7-4:	Generación de nueva tabla global.	43
Figura 8-4:	Encendido de alarma y luces.	43
Figura 9-4:	Encendido de luces en el hogar.	44
Figura 10-4:	Funcionamiento elementos electrónicos.	45
Figura 11-4:	HMI del proyecto en funcionamiento.	45
Figura 12-4:	Equipos del Sistema Automático en funcionamiento.	46

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-2:	Función de evolución de estados para sistemas dinámicos.....	11
Ecuación 2-2:	Entrada muestreada y alimentada a un retenedor de orden cero	11
Ecuación 3-2:	Contribución del estado inicial y de la entrada.....	12
Ecuación 4-2:	Salida del sistema en tiempo continuo.....	12

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Hogar construido a escala para la implementación del Sistema inteligente

Anexo B: Implementación del sistema inteligente en el hogar construido a escala

RESUMEN

Dentro del campo de las ciencias e ingeniería se diseñó e implementó un sistema de control inteligente de simulación de presencia de personas, control de usuario y alarmas de intrusión, que busca mediante su aplicación brindar seguridad a los hogares sin que el costo sea un impedimento para contar con un sistema de seguridad confiable. La implementación del mismo se realiza en la parte del hardware con un microcontrolador Arduino Uno y placas de acondicionamiento de las señales de salidas y entradas y su programación en la plataforma LabVIEW. El sistema mediante el proceso de fuzificación con lógica difusa establece la relación de las variables de entrada y sus funciones de membresía, luego la variable de salida; que son las acciones de control que se dan en el momento que entra en funcionamiento y mediante el proceso de defuzificación se establecen las reglas difusas y se emplea el operador lógico (AND) en mínimo para asignar la salida correspondiente. Al realizar varias pruebas se analizó las diferentes posibilidades que se dan al momento de activar el sistema lo cual nos permitió llegar a concluir que el controlador difuso diseñado puede mejorar los sistemas de control convencionales en ambientes domiciliarios debido a que es un sistema inteligente y a la vez aleatorio, no es predecible pues se van generando cada día nuevas combinaciones que se dan en distintos subintervalos de tiempo. El presente trabajo de investigación se puede considerar como punto de partida para realizar futuros proyectos por lo que el sistema está diseñado de tal forma que dentro de su programación permite al controlador incluir otros parámetros como el desarrollo de un control a distancia o el uso de energías alternativas.

Palabras claves: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>, <DOMÓTICA>, <CONTROLADOR DIFUSO>, <INTELIGENCIA ARTIFICIAL>, <CONTROL INTELIGENTE>, <CONTROL DE USUARIO>, <ARDUINO UNO>, <LABVIEW(SOFTWARE)>, <POSIBILIDADES-COMBINACIONES>, <SUBINTERVALOS DE TIEMPO>, <DEFUZIFICACIÓN>.

SUMMARY

An intelligent control system for simulation of people presence, user control and intrusion alarms was designed and implemented in the sciences and engineering scope, which seeks through its application to provide security to households without the cost being an impediment to have a reliable security system. The implementation is done in the hardware part with an Arduino Uno microcontroller, conditioning plates to the output and input signals, and their programming in the LabVIEW platform. The system by means of the fuzzification process with fuzzy logic establishes the relation of the input variables and their membership functions. Then the output variable, which are the control actions that occur at the time it enters into operation and through the defuzzification process; the fuzzy rules are established and the logical operator (AND) is used at a minimum to assign the corresponding output. The different possibilities that were given at the time of activating the system when performing several test were analyzed. They allowed us to conclude that the designed diffuse controller can improve the conventional control systems in home environments because it is an intelligent system and at the same time random, it is not predictable as new combinations are generated as a starting point to the future project due to system design so that within its programming allows the controller to include other parameters such as the development of a remote control or the use of energy alternatives.

Key Word: <TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES>, <INTELLIGENT CONTROL>, <USER CONTROL>, <IMPLEMENTATION>, <ARDUINO UNO>, <LABVIEW (SOFTWARE)>, <POSSIBILITES-COMBINATIONS>, <SUB-INTERVALS OF TIME>, <DEFUZZIFICATION>.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. Problema de investigación.

1.1.1. *Planteamiento del Problema.*

El eterno conflicto que se da a nivel universal entre el delito y la seguridad hace que las tecnologías modernas unan sus fuerzas para ganar la batalla. Los sistemas predecibles de seguridad en los hogares son ya conocidos por la delincuencia la que ha desarrollado mecanismos para inhabilitarlos. El factor principal es lo conocido, repetitivo y común de la operación de los sistemas de seguridad modernos.

En Latinoamérica un hogar en un vecindario puede tener el mismo sistema de seguridad de un vecino, por ello el que se logre deshabilitar un sistema de seguridad permite en un futuro deshabilitar otra con los mismos sistemas de seguridad. Buscamos con nuestro proyecto simular la presencia de personas en un hogar mediante el control de la iluminación en los diferentes cuartos de un hogar.

La hora y la duración de encendido de un cuarto será variable, inteligente y dependiente del encendido de otros lugares del mismo hogar. Con ello no se diseñará un sistema preprogramado sino más bien inteligente, aleatorio y combinacional.

Otro aspecto importante de la situación problemática actual es integrar diferentes sistemas de control en un hogar. Un sistema de control inteligente con un sistema de control con estrategias predefinidas no existe. La tendencia de los sistemas robustos de control moderno se enfoca hacia la integración de diferentes subsistemas de control independientes entre sí.

Como solución particular se han diseñado Redes Activas (ANs) las cuales buscan insertar programabilidad en redes IP, quienes son las encargadas de la comunicación entre subsistemas de control, buscando mejorar la flexibilidad y el desempeño de todo el sistema mediante la inserción dinámica de servicios y protocolos (Mage, 2005).

Para nuestro caso deseamos integrar un sistema de control inteligente que permita simular la presencia de personas en domicilios donde no lo haya, con variaciones en los horarios de encendido de luces por horas y por días. Además del control de usuario y alarmas de intrusión para garantizar la seguridad del hogar.

1.1.2. *Formulación del problema:*

Al realizar el estudio del arte sobre temas relacionados a la investigación, no se encuentran proyectos desarrollados en este campo directamente; por lo que se propone realizar el presente proyecto de investigación donde se realice el diseño e implementación de un sistema inteligente de simulación de presencia de personas, el cual nos permita fortalecer a los sistemas de control convencionales para mejorar la seguridad en ambientes domóticos.

1.1.3. *Preguntas directrices o específicas de la investigación:*

¿Cuál es la información técnica científica para nuestro tema de investigación?

¿Cuál es el diagnóstico de la situación actual?

¿Cuáles son las Pruebas y Resultados obtenidos?

1.1.4. *Justificación de la investigación:*

¿Para qué sirve la investigación?

Sirve para diseñar e implementar un sistema inteligente de seguridad para hogares mediante la simulación de presencia de personas en domicilios donde no lo haya, con variaciones en los horarios de encendido de luces por horas y por días. Además del diseño de un sistema de control de usuarios y alarmas de intrusión.

¿Qué resultados se esperan obtener o que propuesta se desea plantear?

Se espera obtener un sistema inteligente que simule adecuadamente la presencia de personas en hogares donde no las haya. También que se tenga un adecuado control de ingreso al hogar mediante usuario y contraseña. En caso de no cumplir utilizar alarmas las mismas que también pueden generarse debido al ingreso forzoso al hogar por ventanas o puertas. Se podrá verificar el funcionamiento del sistema en hogares o en maquetas del mismo que cumplan los estándares para los que se ha diseñado.

¿Quién o quiénes son los beneficiarios?

Seguridad social y familiar. Investigadores y desarrolladores de sistemas de control con la integración de diferentes variables de ambientes domiciliarios.

¿Por qué es importante la investigación?

Permitirá unificar diferentes áreas de control y además resolverá problemas de seguridad en hogares con ausencia de personas.

¿Cuáles son los aportes de trascendencia que dejará?

Aportes a la investigación de nuevas tecnologías mediante el desarrollo de sistemas modernos de control. El desarrollo de un sistema inteligente con la integración de diferentes variables como son control inteligente para la simulación de presencia de personas, y alarmas de intrusión para brindar seguridad a los habitantes del hogar.

1.1.5. *Objetivos*

1.1.5.1. *Objetivo General*

Diseñar e implementar un sistema inteligente de simulación de presencia de personas, control de usuario y alarmas de intrusión para seguridad de hogares.

1.1.5.2. *Objetivos Específicos:*

- Diseñar el controlador de un sistema inteligente para la simulación de presencia de personas, control de usuario y alarmas de intrusión.

- Implementar el sistema inteligente y verificar el funcionamiento adecuado del controlador diseñado.
- Brindar seguridad en los ambientes domiciliarios mediante un sistema de control inteligente

1.1.6. Hipótesis

El diseño e implementación de un sistema inteligente en hogares estándar unifamiliares servirá para la simulación de presencia de personas, control de usuario y alarmas de intrusión.

CAPÍTULO II

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes del problema

Como antecedentes para la solución de nuestro problema podemos recalcar la obra de algunos autores. Lo relacionado con los sistemas de control E. Penovi utiliza un sistema de control de lazo cerrado, el cual es el más común, para una fuente de corriente pulsante la cual así mismo posee varias señales las cuales se pueden considerar varios subsistemas de control.

El autor sugiere, para este tipo de control múltiple, el uso de plataformas digitales, tales como las basadas en Digital Signal Processors (DSP) o en Field-Programmable Gate Array (FPGA), las cuales ofrecen ventajas bien conocidas como flexibilidad, repetitividad y adaptabilidad a diferentes sistemas y condiciones de operación.

En particular, las FPGA han demostrado ser una buena elección como plataforma de control, debido a su capacidad de ejecutar tareas en paralelo y realizar una implementación a medida que optimice la ejecución de los algoritmos de control (Penovi, 2014). E. Nuñez presenta un esquema de identificación y control de sistemas basado en la aproximación de la función de evolución de estados.

Es un método de control inteligente autosintonizado el cual usa datos de entrada-salida y datos del estado (si están disponibles), además del orden de la planta. Se realizó el control multivariable en tiempo real de un robot PUMA. Se hizo un estudio sistemático para obtener los antecedentes necesarios para los controladores acoplados, obteniendo que es más deseable usar sólo los subconjuntos con mayor influencia de todas las variables de estado en el controlador de cada articulación.

Como era de esperarse los controladores multivariables correctamente sintonizados siempre fueron superiores a los controladores desacoplados (Núñez, 2014). En la Figura 1-2 se observa el diagrama de bloques de este controlador de lazo cerrado multivariable diseñado por E. Nuñez.

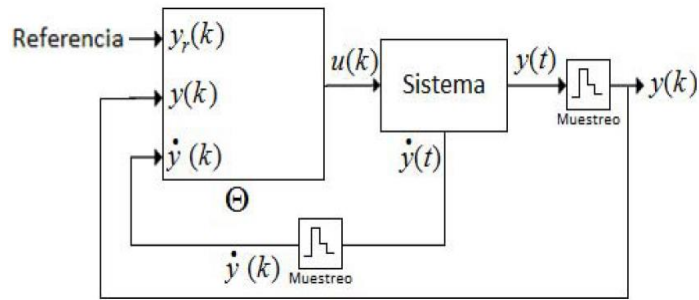


Figura 1-2: Controlador multivariable lazo cerrado

Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

Este trabajo nos da un precedente para el control multivariable de nuestro sistema inteligente mediante el control de espacios de estados. L. E. Venghi realiza la implementación y control de un sistema de levitación magnética los cuales se presentan en muchas aplicaciones, entre ellas, trenes eléctricos, túneles de viento, amortiguadores, frenos, entre otros.

Por naturaleza, estos sistemas son no lineales e inestables, por lo tanto, para poder aplicar técnicas de control clásico, se deben linealizar alrededor de un punto de operación (Venghi, 2016). Si nuestro sistema no es estable cuando varíen los horarios de encendido de luces del hogar y al mismo tiempo se disparen las alarmas de intrusos, estos métodos analíticos nos servirán para estabilizar todo nuestro sistema.

Juan Suardíaz realiza el Control del Caudal de un Fluido con un controlador PID (Proporcional Integrador Derivativo) auto ajustable según se modifique las condiciones de desempeño del sistema en general. La metodología de diseño propuesta implica la utilización de una combinación de la técnica de asignación de polos, junto con un método recursivo de mínimos cuadrados con objeto de identificar los parámetros del modelo (Suardíaz, 2006).

Es interesante este aspecto pues permite de manera automática que el sistema se acomode a las nuevas exigencias de funcionamiento del mismo en un bajo tiempo de respuesta en otras palabras que los sistemas de control de nuestro proyecto se acomoden al funcionamiento de nuevos parámetros de encendidos de luces de los cuartos junto con los otros controladores como intrusión y alarmas en un corto espacio de tiempo.

En cuanto a la ingeniería del software a utilizar hay que tener presente que no es un sistema que definimos los comportamientos con anticipación pues debe parecerse a la realidad. Al respecto Nelson Medinilla en su obra La Incertidumbre como Herramienta en la Ingeniería de Software nos da una pauta del uso de la incertidumbre como solución a acontecimientos no arbitrarios.

Se cree que modularidad, la cohesión, el acoplamiento y la privacidad de las variables son guías del buen diseño, cuando realmente dicen poco o nada; se cree que copiar la realidad dentro del software es otra guía del buen diseño cuando, en muchos casos, produce consecuencias negativas como la reducción drástica de la facilidad de modificación y de evolución.

Un software puede realizar una tarea en infinidad de situaciones distintas, en infinidad de alternativas, gracias a la capacidad de ambigüedad de las variables (abstracciones) y a la capacidad de ambigüedad de las sentencias que formulan alternativas. La evolución del software está marcada por el aumento sistemático de la capacidad para expresar ambigüedad, como recurso para aumentar su capacidad de enfrentar problemas complejos (Martínez, 2007).

Es por tal motivo, un entorno virtual sea aproximado a la realidad; es necesario incluir comportamientos no predecibles o pre programados. Esta aleatoriedad que tengan los programas diarios de encendido de luces es importante para reflejar el comportamiento humano de habitación en un hogar. Sin embargo, la cantidad de combinaciones posibles entre el funcionamiento de todas las luces de un hogar es indeterminado.

Por ello para descartar las posibilidades que no sean muy frecuentes en un hogar como el encendido por horas consecutivas del baño utilizaremos técnicas de estrategias evolutivas para escoger las mejores opciones de funcionalidad. Este es el caso de Cristóbal Luque en su obra *Distribución de Cargas en una Esfera Mediante Estrategias Evolutivas*.

En la cual se plantea la resolución mediante estrategias evolutivas de un problema clásico de la física, el problema de Thomson, consistente en distribuir en cargas iguales en la superficie de una esfera o, lo que es lo mismo, hallar la distribución que hace mínimo el potencial electrostático de las cargas. La dificultad de hallar este mínimo radica en el hecho de que el número de las disposiciones estables aumentan exponencialmente con el número de cargas (Del Arco, 2004).

Para la lógica del sistema de seguridad ante infiltraciones en el hogar y las alarmas seguiremos los parámetros que diseña F. Araujo en su obra *Autenticación Personal por Dinámica de Tecleo Basada en Lógica Difusa*. Este trabajo de investigación presenta un método biométrico de autenticación para acceso a sistemas informáticos basado en el reconocimiento del patrón de tecleo de sus usuarios.

Siete experimentos fueron realizados utilizando las características de la secuencia de caracteres en conjunto con un clasificador difuso. Los resultados de los experimentos son evaluados en tres situaciones: usuario legítimo, impostor e impostor especialista. Como resultado de los experimentos se obtuvo tasas de errores de falso rechazo de 3.4 % y de falsa aceptación de 2.9 % (Freire, 2004). Es útil este tipo de control para el caso de las alarmas debido a infiltraciones.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Sistema domótico.

Según el diccionario de la real academia, que define la domótica como “el conjunto de sistemas que automatizan las diferentes instalaciones de una vivienda”. Obteniendo un sistema flexible, versátil y adaptable a cualquier necesidad según las actividades que se vayan a desarrollar.

2.2.2. Control Inteligente

El control inteligente con lógica difusa se basa en la observación del sistema en condiciones de operación. Esta observación de la realidad presenta reglas difusas, que pueden ser implementadas fácilmente en un programa computacional.

De acuerdo con Rodríguez (2004), se describe un sistema inteligente. Además, se revisó por parte de inteligencia artificial el control difuso y se implementó mediante el uso del lenguaje de programación Matlab. Se construyó un sistema de toma de decisiones que utiliza variables comunes en edificios, el cual constituye en agente de control.

En base a lo referenciado anteriormente se considera diseñar un controlador difuso utilizando como medio de programación la plataforma LabVIEW, además se desarrolla una interfaz de usuario grafica para la visualización de las variables de entrada y salida.

Se diseña e implementa un espacio domótico mediante la creación de una casa unifamiliar estándar a escala, donde se podrá observar el adecuado funcionamiento del controlador difuso.

2.2.3. Lógica difusa

La lógica difusa es la ciencia que estudia el proceso de razonamiento que intenta formalizar los problemas como incertidumbre, indecisión, ambigüedad, y estudia las condiciones formales de validez con simples valores verdaderos o falsos.

2.2.3.1. Funcionalidad del proceso Fuzzy

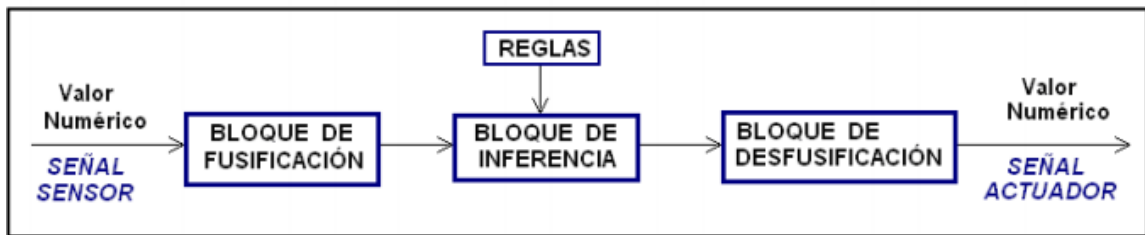


Figura 2-2 Proceso Difuso

Fuente: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4470/1/UPS-ST000355.pdf>

2.2.3.2. Fusificación

Es la toma de una señal de entrada de tipo continuo para transformarla a un conjunto de valores entre 0 y 1 que indiquen el grado de pertinencia de cada conjunto fuzzy establecido.

Para establecer el diseño y la forma a tomar las variables de entrada y salida se debe conocer los elementos de un conjunto difuso que es la forma de representación de los fenómenos los cuales no solo tiene dos valores como verdadero o falso sino un numero finito de estados comprendidos entre 0 y 1.

2.2.3.3. Tipos de conjuntos difusos

Los conjuntos difusos son de varios tipos, siempre deben ser simétricos. En la siguiente figura se detalla el grafico de cada conjunto:

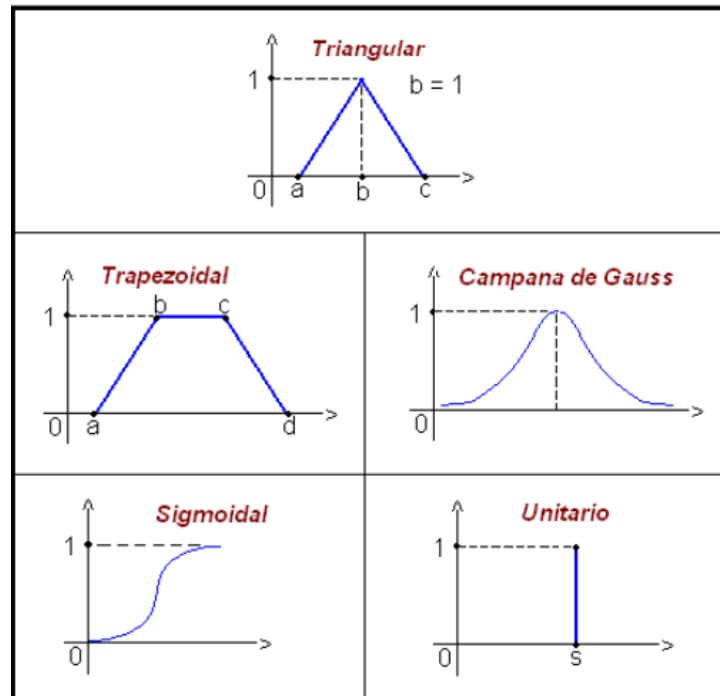


Figura 3-2: Tipos de conjuntos difusos

Fuente: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/4470/1/UPS-ST000355.pdf>

2.2.3.3. Inferencia

Construye conclusiones frente a una evidencia designada, tiene la capacidad de decisión en base a conocimientos, consiste en reglas fuzzy de tipo If, Then y funciones caracterizadas por los conjuntos difusos.

En el diseño de la base del conocimiento donde se encuentran las reglas de control, se tomará en cuenta: Primero que el conjunto de variables lingüísticas seleccionadas debe de escogerse de forma tal que describan muy bien a los parámetros de control del proceso.

En segundo lugar, se elabora la base del conocimiento en función de la descripción lingüística de los parámetros, para ello se sugieren cuatro métodos:

- Experiencia y conocimiento de un operador humano.
- Modelado de las acciones de control del operador.
- Modelado del proceso
- Auto-sintonización.

De todos los métodos que se pueden utilizar para construir la base de conocimientos, en el presente trabajo recurrimos al modelado de las acciones de control del operador.

2.2.4. Sistema de control multivariable y su estabilidad.

La función de evolución de estados para un sistema dinámico general está dada por:

$$\alpha(t_1, t_0, x_0, u) = x_1, \quad \forall t_0, t_1 \in \mathfrak{R}, t_1 > t_0, x_0, x_1 \in X, \\ \text{y } u \in U$$

Ecuación 1-2: Función de evolución de estados para sistemas dinámicos

Fuente: http://ewh.ieee.org/reg/9/etrans/ieee/issues/vol12/vol12issue4June2014/12TLA4_06NunezPerez.pdf

El conjunto U es llamado espacio de entrada y consiste en una clase de funciones U evaluadas en \mathfrak{R} . X es un conjunto abstracto llamado espacio de estados. En particular para los esquemas propuestos en este artículo la clase de funciones U -valuadas son funciones constantes a tramos, es decir, se asume que la entrada $u(t)$ es muestreada y alimentada a un retenedor de orden cero, de manera que todos los componentes de $u(t)$ son constantes sobre el intervalo entre cualesquiera dos instantes de muestreo consecutivos:

$$u(t) = u(kT), \text{ for } kT \leq t < kT + T$$

Ecuación 2-2: Entrada muestreada y alimentada a un retenedor de orden cero

Fuente: http://ewh.ieee.org/reg/9/etrans/ieee/issues/vol12/vol12issue4June2014/12TLA4_06NunezPerez.pdf

Donde T es el período de muestreo. Este hecho es muy importante, ya que de esta manera el método de aproximación sólo necesita aproximar valores reales constantes y no funciones. Dada la ecuación del estado y de la salida de un sistema en tiempo continuo lineal y de parámetros concentrados; donde la solución es:

$$\mathbf{x}(t) = e^{At} \mathbf{x}(0) + \int_0^t e^{A(t-\tau)} \mathbf{B}u(\tau) d\tau$$

Ecuación 3-2: Contribución del estado inicial y de la entrada

Fuente: http://ewh.ieee.org/reg/9/etrans/ieee/issues/vol12/vol12issue4June2014/12TLA4_06NunezPerez.pdf

Claramente, $\mathbf{x}(t)$ consiste en dos partes, una representando la contribución del estado inicial $\mathbf{x}(0)$ y la otra la contribución de la entrada $u(t)$. La salida $y(t)$ está dada por (Núñez, 2014).

$$\mathbf{y}(t) = \mathbf{C}e^{At} \mathbf{x}(0) + \mathbf{C} \int_0^t e^{A(t-\tau)} \mathbf{B}u(\tau) d\tau + \mathbf{D}u(t)$$

Ecuación 4-2: Salida del sistema en tiempo continuo

Fuente: http://ewh.ieee.org/reg/9/etrans/ieee/issues/vol12/vol12issue4June2014/12TLA4_06NunezPerez.pdf

2.2.5. Control de ingreso al hogar y alarmas.

El control de acceso es un detalle muy importante en sistemas informáticos. Los sistemas deben garantizar el acceso (autenticación) utilizando una o más de las formas mostradas a seguir:

1. Conocimiento: Se basa en algo que el usuario conoce, por ejemplo, claves.
2. Posesión: Se basa en algo que el usuario tiene, por ejemplo, una tarjeta inteligente (smart card).
3. Biometría: Se basa en algo que el usuario es, por ejemplo, huella dactilar, rostros, manera de caminar.

El mecanismo de acceso a un sistema informático basado en el conocimiento de una secuencia de caracteres de tipo usuario/clave es el más difundido y utilizado. Sin embargo, este tipo de autenticación es frágil cuando existe un usuario que no es cuidadoso en guardar su clave secreta y aún más si la clave que él escogió es fácil de ser adivinada (Freire, 2004).

Para el diseño del reconocimiento del patrón de tecleo de un usuario debe seguirse las siguientes observaciones:

Secuencia de Caracteres: Cuatro secuencias fueron utilizadas como clave. Dos secuencias fueron analizadas en la primera es una secuencia de 31 caracteres y la segunda es el “login”. También la secuencia clave fue dividida en tres niveles basados en el grado de dificultad. El número de caracteres de la secuencia es un asunto importante, siendo que en fue demostrado que errores de clasificación aumentan cuando la cantidad de caracteres de la secuencia clave es inferior a 10 letras.

Características: Una buena característica debe ser altamente repetible por un mismo usuario y ser diferente entre distintos usuarios. Las dos características más utilizadas son: la duración de la tecla, que es el intervalo de tiempo en que una tecla permanece presionada, y la latencia de la tecla, que es el intervalo de tiempo entre presionar dos teclas consecutivas.

Precisión del Tiempo de Muestreo: Como las características de la biometría del tecleo están basadas en intervalos de tiempos, la precisión de los tiempos en que las teclas son pulsadas y sueltas deben ser analizados. La precisión del tiempo de muestreo presentado por varios investigadores varía entre 0.0001 segundo y 1 segundo (Freire, 2004).

2.2.6. La incertidumbre como herramienta en la ingeniería de software.

La incertidumbre es inherente a la actividad de diseño, sea o no conocido el problema por dos causas. Primero, porque está presente en cualquier aspecto novedoso, por mínimo que sea. Algo es nuevo sólo si es desconocido antes que aparezca, aunque sea sólo para quién lo percibe. Segundo, porque hay incertidumbre en todas las decisiones de diseño y en cada decisión hay que elegir una alternativa; en cada decisión hay riesgo. La magnitud de la incertidumbre asociada con el diseño influye sobre su proceso de realización.

La incertidumbre también se utiliza en el diseño como herramienta de trabajo, pero se confunde con otras técnicas, sobre todo con “divide y vencerás”. Un diseño software es un producto creativo donde se ha utilizado la división y la ambigüedad como recursos para simplificar la solución. La ambigüedad se manifiesta en las abstracciones y en sus relaciones.

La división no es una herramienta universal y todopoderosa. La división provoca dificultades en universos no aditivos, donde la suma de las partes es desigual del todo, como sucede a menudo en el software. Además, la división es incapaz de simplificar la complejidad de incertidumbre.

Sin embargo, la técnica de introducción de incertidumbre es capaz de simplificar la complejidad descriptiva y de incertidumbre, aún en universos no aditivos porque no divide. Por ejemplo, la cantidad de información que se necesita para usar una función software se limita a la cabecera de la función y esta cantidad de información se mantiene igual a pesar de la realización de cambios en la implementación, siempre que se conserve la cabecera (Martínez, 2007).

CAPÍTULO III

3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.

3.1. Tipo de Investigación.

La presente investigación es de tipo aplicativo y cuasi experimental.

- **Aplicativo:** se fundamenta en conocimientos existentes, de otras investigaciones realizadas, dirigidos al diseño e implementación de un sistema de control inteligente para la simulación de presencia de personas en ambientes domiciliarios.
- **Cuasi experimental:** Se considera por ser una derivación del estudio experimental, en el cual la asignación de los elementos no es aleatoria, aunque el factor de exposición es manipulado por el investigador y su interés es analizar cambios a través del tiempo en determinadas variables.

3.2. Diseño de la investigación.

Diseño de la investigación:

- La investigación sigue un diseño longitudinal, porque el interés del investigador es analizar cambios a través del tiempo en determinadas variables o en las relaciones, ya que se recolectan datos a través del tiempo en puntos o periodos especificados para hacer inferencias respecto al cambio de los mismos.

3.3. Métodos y técnicas

Métodos

Método deductivo: Debido a que consiste en tomar conclusiones generales para explicaciones particulares, iniciamos con el análisis de la teoría de sistemas de automatización y control industrial, para aplicarlos en el diseño de un sistema inteligente para la simulación de presencia de personas.

Método analítico: Debido a que consiste en descomponer un objeto de estudio separando cada una de las partes del todo para estudiarlas en forma individual: como las partes de acondicionamiento de señales, alimentación y comunicación de elementos con el sistema diseñado.

Técnicas de recolección de datos

Datos primarios: Observación científica, entrevistas, experimentación.

Datos secundarios: Bibliografía

3.4. Recursos

Recursos humanos: Docentes (Asesor y Miembros), colaboradores

3.5. Planteamiento de la hipótesis

Hipótesis general

El sistema inteligente para hogares estándar unifamiliares permite simular la presencia de personas en un hogar cuando no las haya, con un control de usuario y aplicarlo en un ambiente domiciliario con alarmas de intrusión.

3.6. Desarrollo de la metodología propuesta

Para el desarrollo del diseño e implementación del sistema inteligente de simulación de presencia de personas, control de usuario y alarmas de intrusión se procedió a:

- Diseño en AutoCAD de un hogar unifilar estándar de una planta.

- Construcción de la maqueta a escala de un hogar unifamiliar estándar de una planta.
- Etapa de acondicionamiento de las señales de salida.
- Etapa de acondicionamiento de las señales de entrada.
- Adquisición de la señal mediante dispositivo Arduino.
- Diseño del Sistema Inteligente.
- Visualización de la señal mediante la plataforma LabVIEW.

3.6.1. *Diseño en AutoCAD de un hogar unifamiliar estándar de una planta.*

En la figura 1-3 se muestra el diseño en la plataforma AutoCAD del hogar unifamiliar estándar de una planta.

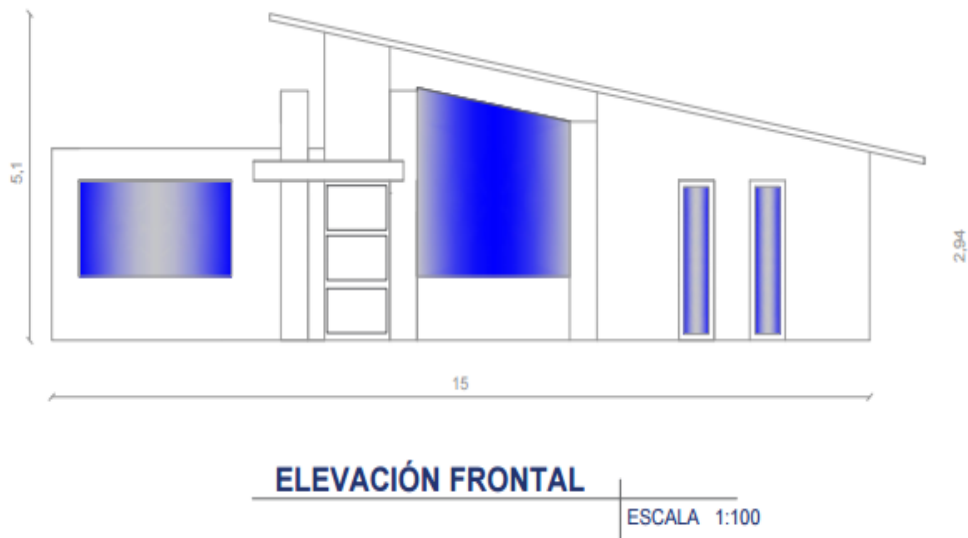


Figura 1-3: Diseño en AutoCad del hogar unifamiliar estándar de una planta.
Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

Se utiliza la plataforma AutoCAD por la facilidad para este tipo de aplicaciones, el hogar diseñado a escala cuenta con 6 espacios en su interior, dichos espacios considerados en el diseño son para poder tener una sala, un comedor, una cocina, un baño y dos dormitorios. Tiene un acceso al hogar por una puerta principal que nos permite ingresar a la sala la cual además cuenta con una ventana, y los 5 espacios restantes cuentan con una puerta interior y una ventana.

A continuación, la figura 2-3 ilustra la disposición de cada uno de los espacios interiores considerados en el diseño del hogar.

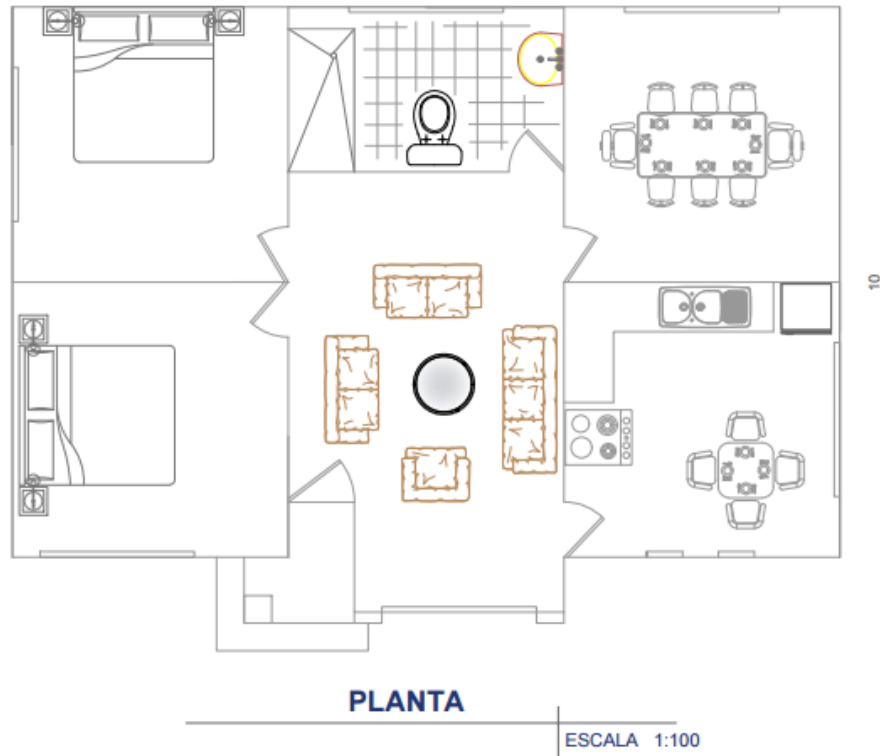


Figura 2-3 Disposición de los espacios interiores del hogar.
Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

3.6.2. Construcción de la maqueta a escala de un hogar unifamiliar estándar de una planta.

La construcción del hogar a escala se lo realiza según el diseño considerado, el mismo que cumple con los requisitos de proyecto, donde se evidencia el funcionamiento del sistema inteligente de control domótico. A continuación, en la figura 3-3 se ilustra la estructura externa del hogar en construcción.



Figura 3-3: Estructura externa del hogar.
Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

En la figura 4-3 se aprecia los diferentes espacios con los que cuenta dicho hogar con los respectivos accesos a los mismos.

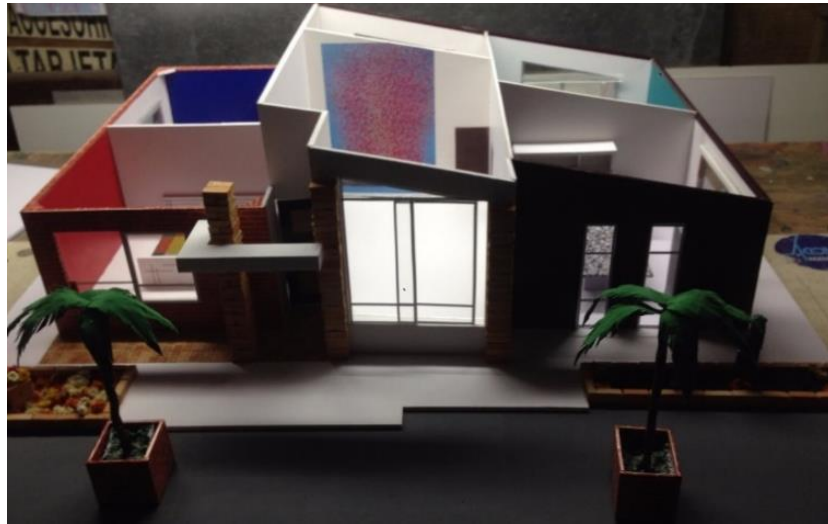


Figura 4-3: Estructura interna del hogar.
Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

Después de terminar con los trabajos de construcción de la maqueta en la figura 5-3 se ilustra el hogar desde una vista frontal.



Figura 5-3: Vista frontal del hogar.
Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

3.6.3. Etapa de acondicionamiento de las señales de salida.

El hogar considerado para el proyecto cuenta con seis espacios; en cada uno de ellos tenemos iluminación mediante focos, los cuales nos representan las salidas. Cuando se requiere la transmisión de las señales de salida de la plataforma Arduino, no es posible directamente debido a las características que posee el software con lecturas de sus entradas en Voltios, por lo que se

diseña una etapa de acondicionamiento de la señal de salida a través de un transistor en modo conmutador.

En la figura 6-3 se ilustra el transistor 2N3904 de forma física.

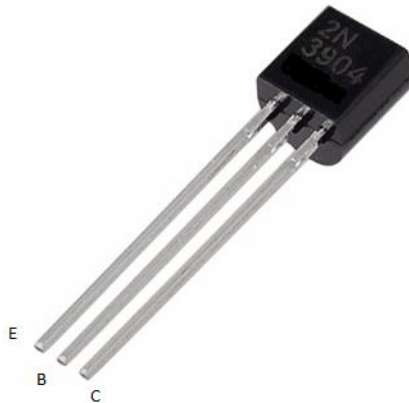


Figura 6-3: Transistor 2N3904.
Realizado por: Fausto U. Caicedo B.

3.6.3.1. *Diseño del hardware de la etapa de acondicionamiento de la señal de salida*

Es la figura 7-3 se representa el diagrama eléctrico de una de las salidas (DO2 = led cocina) que nos permite hacer el acondicionamiento de la señal que se requiere. Las otras 5 salidas (DO3 = led comedor, DO4 = led baño, DO5 = led sala, DO6= led dormitorio 1, DO7 = led dormitorio 2) tienen la misma configuración.

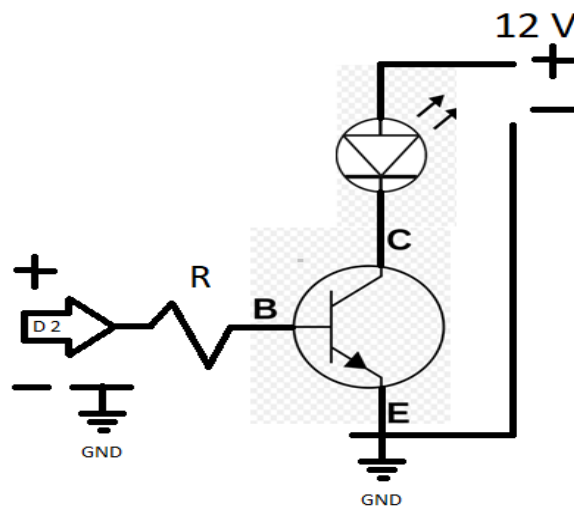


Figura 7-3: Diagrama eléctrico de la salida DO2.
Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

Para la configuración de la salida DO8 para la alarma se tiene de la siguiente forma. La configuración se ilustra en la figura 8-3.

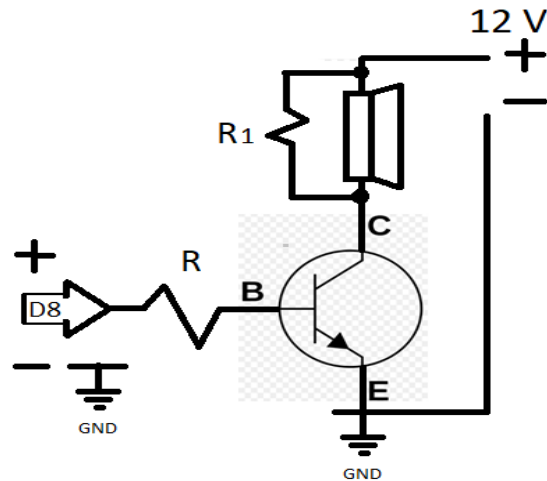


Figura 8-3: Diagrama eléctrico de la salida DO8.
Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

3.6.4. Etapa de acondicionamiento de la señal de entrada.

En cada uno de los seis espacios internos con los que cuenta el hogar tiene una ventana que nos permite tener acceso a los mismos, y además de una puerta principal para ingresar al hogar. Tanto la puerta principal como las ventanas tienen en sus partes fijas y móviles conectados a ellas terminales eléctricos que nos permiten cerrar o abrir según corresponda para saber si se encuentran dichos partes de la casa cerradas o abiertas y realizar las acciones que corresponda.

Se necesita la transmisión de las señales de entrada hacia la plataforma Arduino, lo cual no es posible realizarlo directamente debido a las características que posee el software con lecturas de sus entradas en Voltios, por tal motivo se diseña una etapa de acondicionamiento de la señal de las entradas.

3.6.4.1. Diseño del hardware de la etapa de acondicionamiento de la señal de entrada.

La configuración de una de las entradas (DI9 = ventana cocina) es la que se visualiza en la Figura 9-3. Para las entradas (DI10 = ventana-comedor, DI11 = ventana baño, DI12 = ventana sala, DI13 = ventana dormitorio 1) la configuración es la misma.

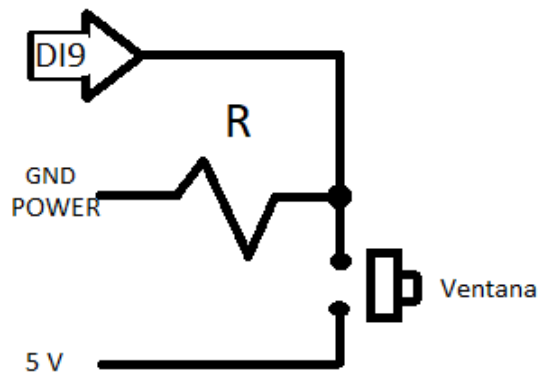


Figura 9-3: Diagrama eléctrico de la entrada DI9.
Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

En la figura 10-3 se ilustra el potenciómetro de precisión de forma física, el mismo que es utilizado en la configuración de las entradas analógicas.



Figura 10-3: Potenciómetro de la precisión.
Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

La configuración de una de las entradas (AI0 = ventana dormitorio 2) se ilustra en la figura 11-3, y la configuración para la entrada (AI1 = puerta principal) es la misma de la entrada AI0.

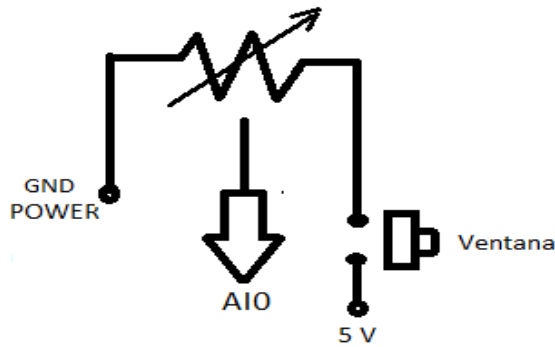


Figura 11-3: Diagrama eléctrico de la entrada AI0.
Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

3.6.5. Adquisición de la señal mediante dispositivo Arduino.

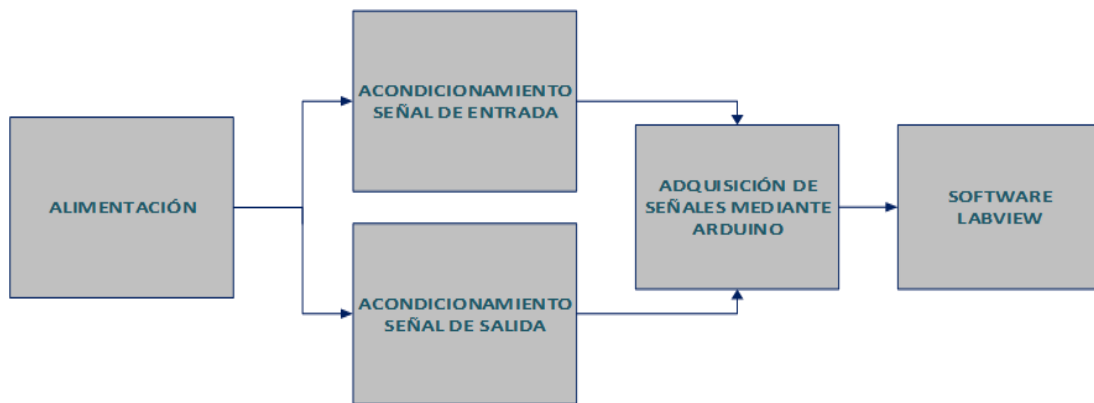


Figura 12-3: Diagrama de bloques del proyecto.
Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

Para la transmisión de señales de entrada y de salida se añade una etapa de acondicionamiento de la señal, y una vez con la señal tratada según se requiere se envía a la tarjeta Arduino Uno. El Arduino trabaja como tarjeta de adquisición de señales que recibe esta información, la prepara y envía al computador. El cable de alimentación positivo y negativo a su propia alimentación. Se verifica la eficiencia de datos del proyecto al dar seguimiento al esquema en la figura 13-3.

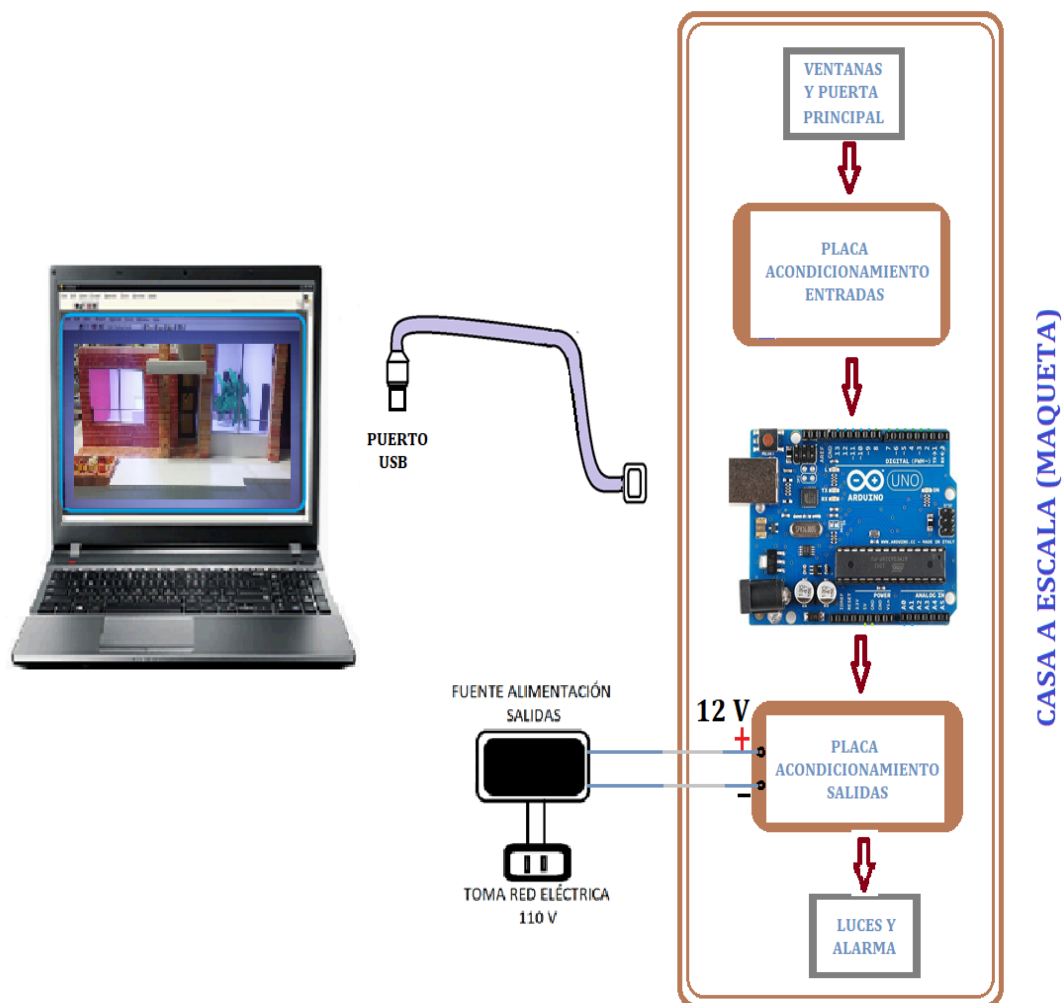


Figura 13-3: Esquema de equipos del proyecto.
Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

La adquisición de señales de entrada y salida se observa según lo establecido en la figura 14-3.

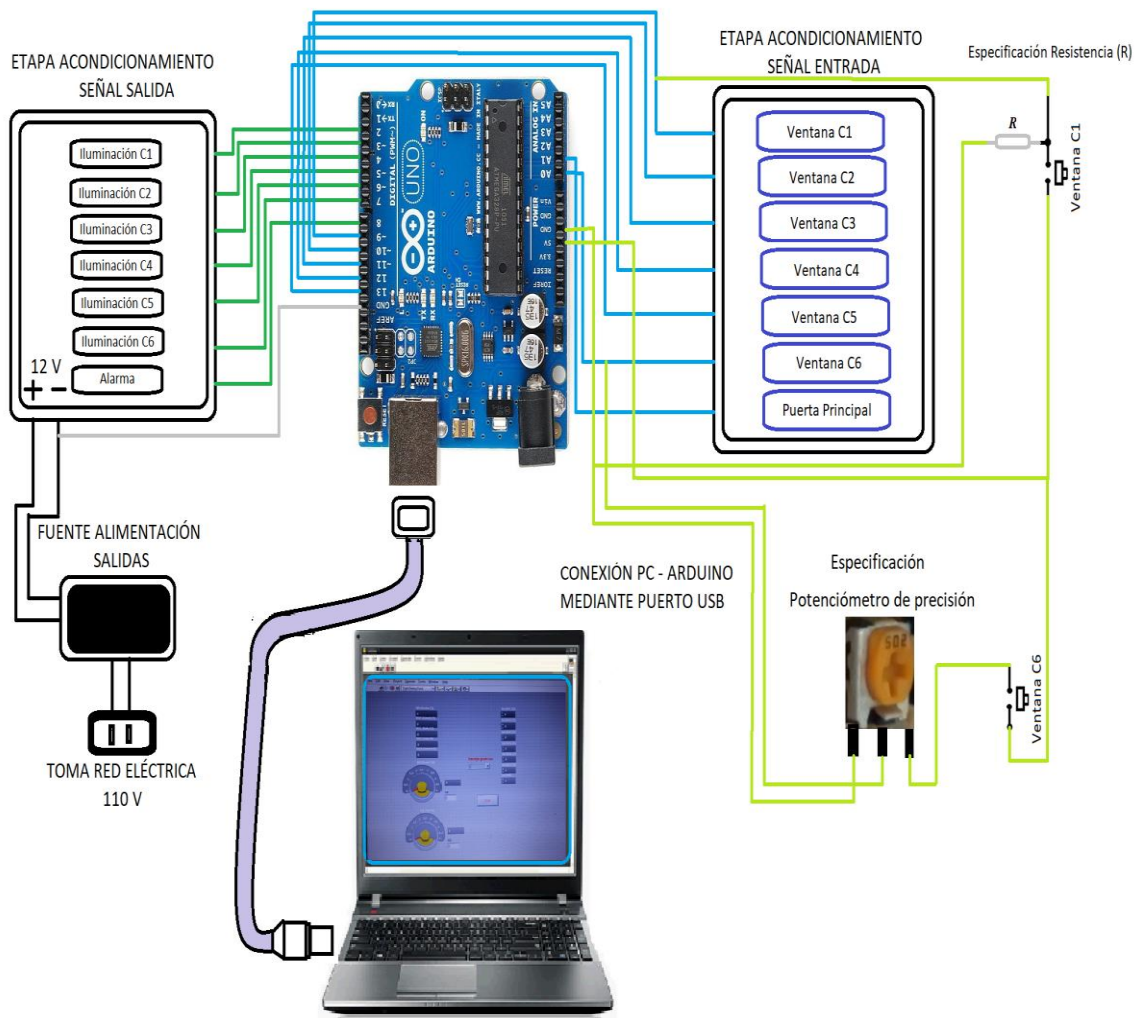


Figura 14-3: Adquisición de señales y flujograma en LabVIEW.
Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

El flujograma del controlador programado en el software LabVIEW se observa en la figura 15.3

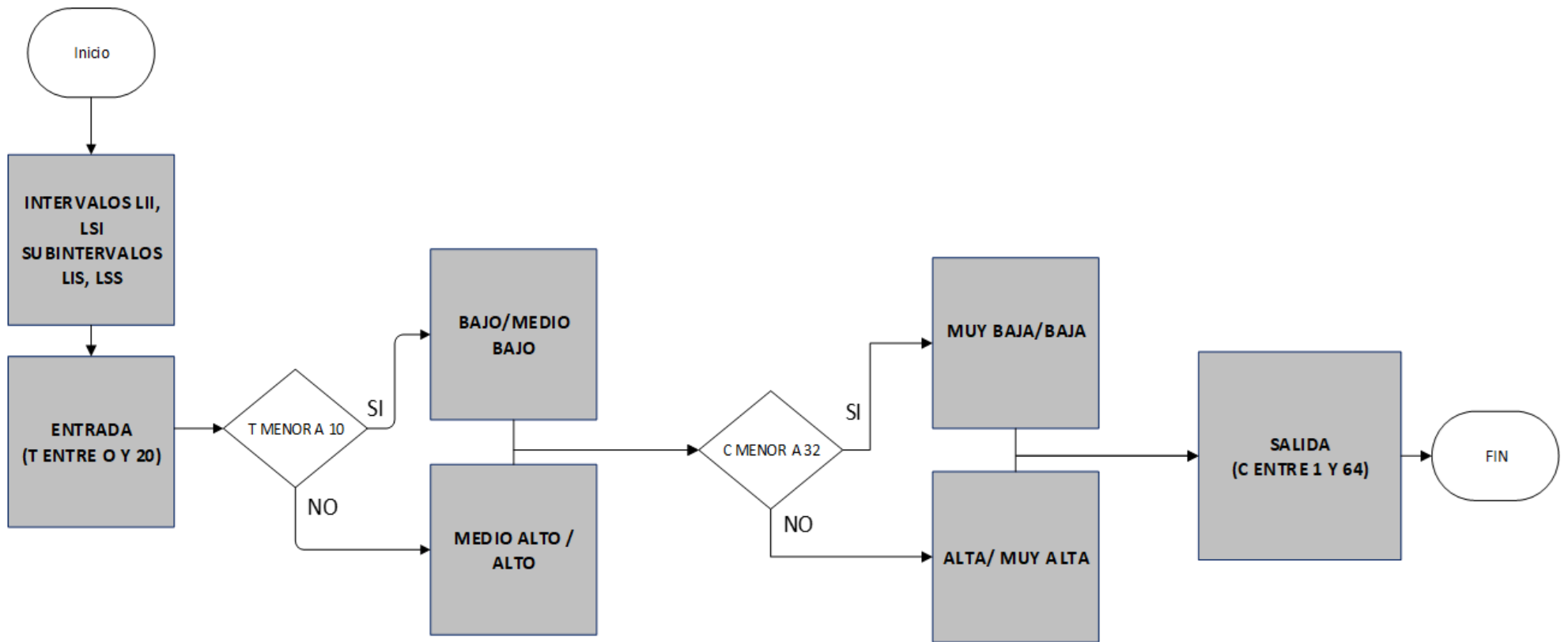


Figura 15-3: Adquisición de señales y flujograma en LabVIEW.
Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

El Arduino uno posee 14 entradas o salidas digitales A0 a A13, se utilizan las entradas / salidas digitales y además de dos entradas analógicas acopladas potenciómetros de precisión. La alimentación para las señales de entrada y las señales de salida +Vcc y -Vcc, la conexión se realiza en paralelo ya que la corriente que consumen es baja.

3.6.6. *Diseño del Sistema Inteligente*

Dentro del diseño del sistema inteligente mediante lógica difusa se establece la relación de las variables de entrada y salida.

Se considera tres diferentes intervalos de tiempo durante un día y se infiere la entrada respecto a la salida. El sistema nos permite ingresar los intervalos y subintervalos.

Primer intervalo de tiempo:

Intervalos

LII: 05:00 horas

LSI: 07:00 horas

Subintervalos

LIS: 15 min

LSS: 35 min

Se realiza una diferencia de los valores de los presentes subintervalos $LSS-LIS: 35-15= 20$.

Donde 20 es un número que consideramos nuestra variable de entrada (tiempo), establecemos las funciones de membresía de entrada, luego la variable de salida (combinaciones) que son las acciones de control que se pondrán en evidencia en el momento que entre en funcionamiento el sistema domótico en nuestra casa diseñada para el efecto (hogar estándar unifamiliar a escala), y además de las funciones de membresía de salida, se emplea el operador lógico AND en mínimo.

Además, se establece las reglas difusas de Mamdani, donde la primera parte es el antecedente y el restante el consecuente.

Variable T (Entrada)

Las funciones de membresía de entrada: bajo, medio bajo, normal, medio alto, alto.

Variable C (Salida)

Las funciones de membresía de salida: C muy baja, C baja, C media, C alta, C muy alta.

Para la asignación de salida se utiliza el método de defuzificación mediante el centro de área.

En el software LabVIEW el diseño del Sistema Inteligente mediante lógica difusa tenemos:

Las variables de entrada y salida en el primer intervalo de tiempo se visualizan en la figura 16-3.

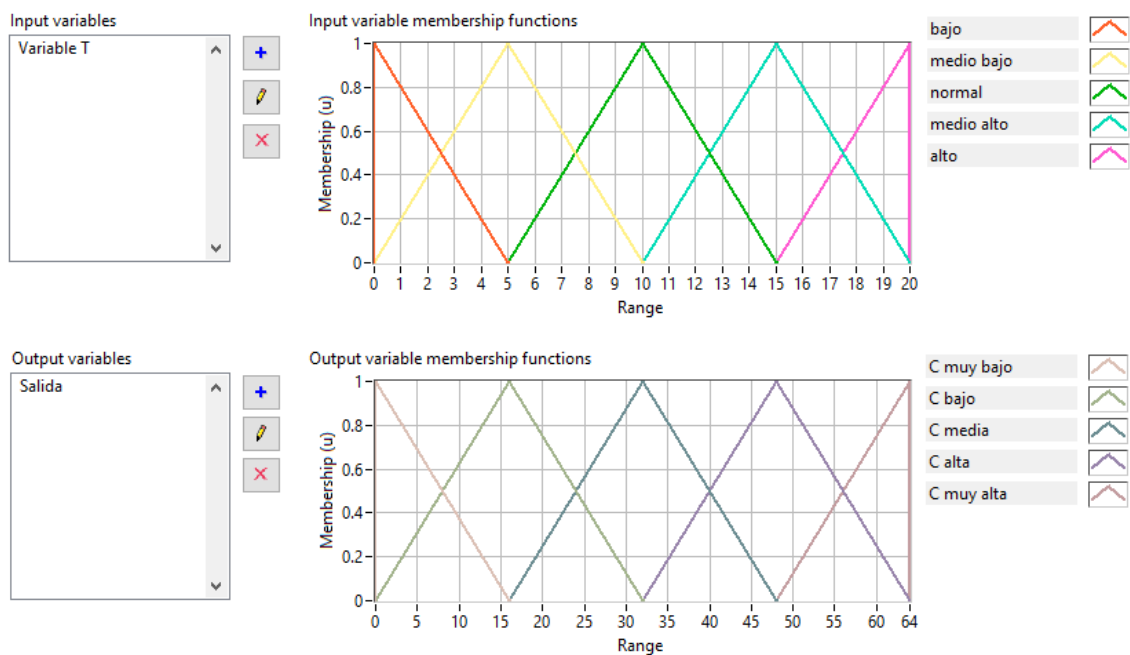


Figura 16-3: Variable de entrada y salida en el primer intervalo de tiempo.

Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

Las reglas difusas de Mamdani.

- If "Variable T" is "bajo" Then "Salida" is "C muy baja"
- If "Variable T" is "medio bajo" Then "Salida" is "C baja"
- If "Variable T" is "normal" Then "Salida" is "C media"
- If "Variable T" is "medio alto" Then "Salida" is "C alta"
- If "Variable T" is "alto" Then "Salida" is "C muy alta"

El test del Sistema en el primer intervalo de tiempo se observa en la figura 17-3.

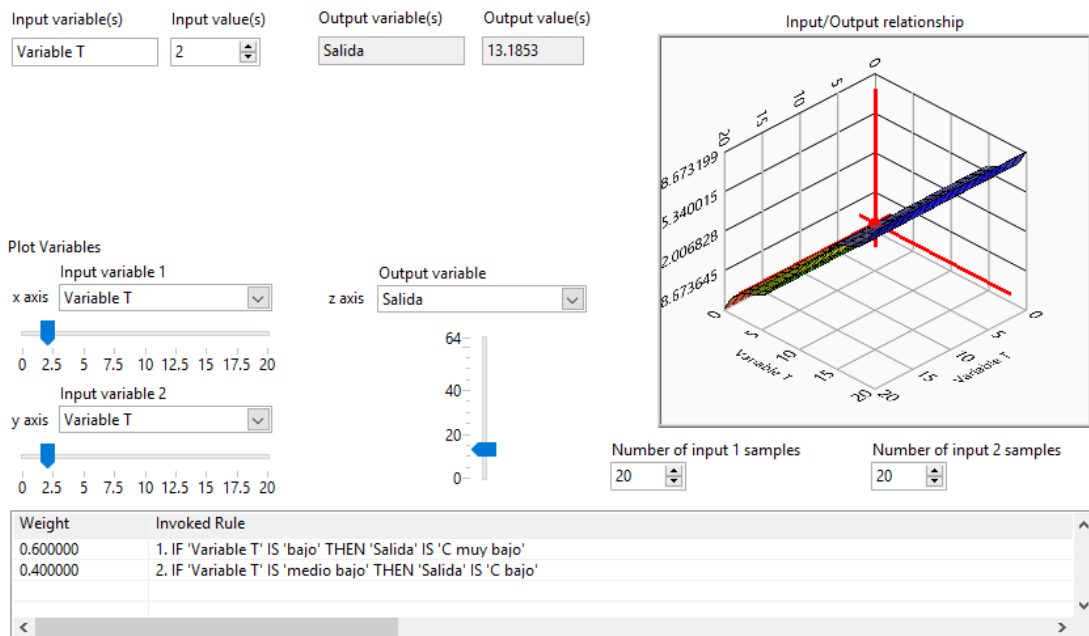


Figura 17-3: Test del Sistema en el primer intervalo de tiempo.
Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

El sistema inteligente toma de la variable de entrada (T) entre 0 y 20 un valor de 2, y asigna mediante el método de defuzificación con centro de masa una salida (C) de 13, la cual se pondrá en manifiesto cuando se arranque el sistema en el hogar en el subintervalo de tiempo correspondiente. Este proceso se ira realizando hasta completar el intervalo de tiempo ingresado.

Segundo intervalo de tiempo:

Intervalos

LII: 12:00 horas

LSI: 14:00 horas

Subintervalos

LIS: 7 min

LSS: 35 min

Se realiza una diferencia de los valores de los presentes subintervalos $LSS - LIS = 35 - 7 = 28$.

Se considera lo establecido en el primer intervalo de tiempo.

En el software LabVIEW el diseño del Sistema Inteligente mediante lógica difusa tenemos:

Las variables de entrada y salida en el segundo intervalo de tiempo se visualizan en la figura 18-3.

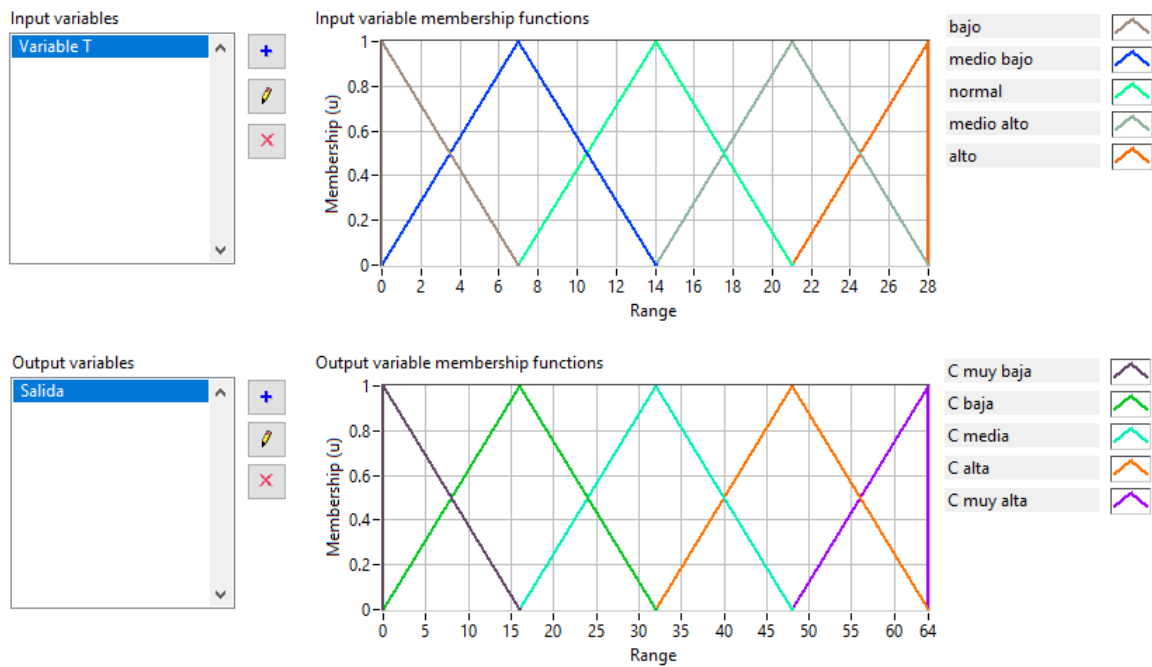


Figura 18-3: Variable de entrada y salida en el segundo intervalo de tiempo.

Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

Las reglas difusas de Mamdani.

- If “Variable T” is “bajo” Then “Salida” is “C muy baja”
- If “Variable T” is “medio bajo” Then “Salida” is “C baja”
- If “Variable T” is “normal” Then “Salida” is “C media”
- If “Variable T” is “medio alto” Then “Salida” is “C alta”
- If “Variable T” is “alto” Then “Salida” is “C muy alta”

El test del Sistema en el segundo intervalo de tiempo se observa en la figura 19-3.

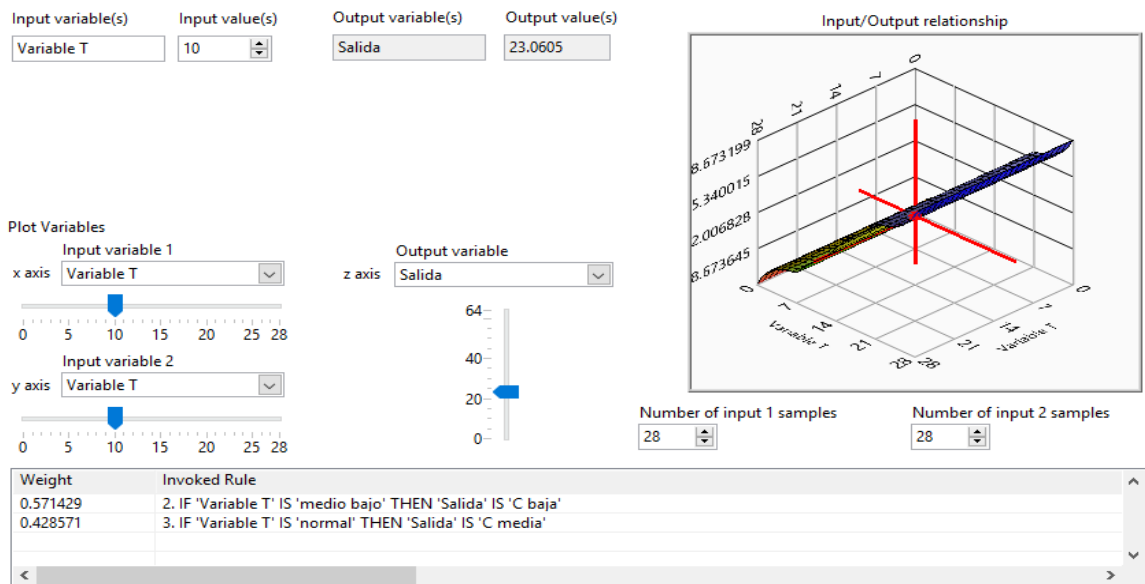


Figura 19-3: Test del Sistema en el segundo intervalo de tiempo.

Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018.

El sistema inteligente toma de la variable de entrada (T) entre 0 y 28 un valor de 10, y asigna mediante el método de defuzificación con centro de masa una salida (C) de 23, la cual se pondrá en manifiesto cuando se arranque el sistema en el hogar en el subintervalo de tiempo correspondiente. Este proceso se ira realizando hasta completar el intervalo de tiempo ingresado.

Tercer intervalo de tiempo:

Intervalos

LII: 19:00 horas

LSI: 21:00 horas

Subintervalos

LIS: 8 min

LSS: 40 min

Se realiza una diferencia de los valores de los presentes subintervalos LSS-LIS: $40-8= 32$.

Se considera lo establecido en el primer intervalo de tiempo.

En el software LabVIEW el diseño del Sistema Inteligente mediante lógica difusa tenemos:

Las variables de entrada y salida en el tercer intervalo de tiempo se visualizan en la figura 20-3.

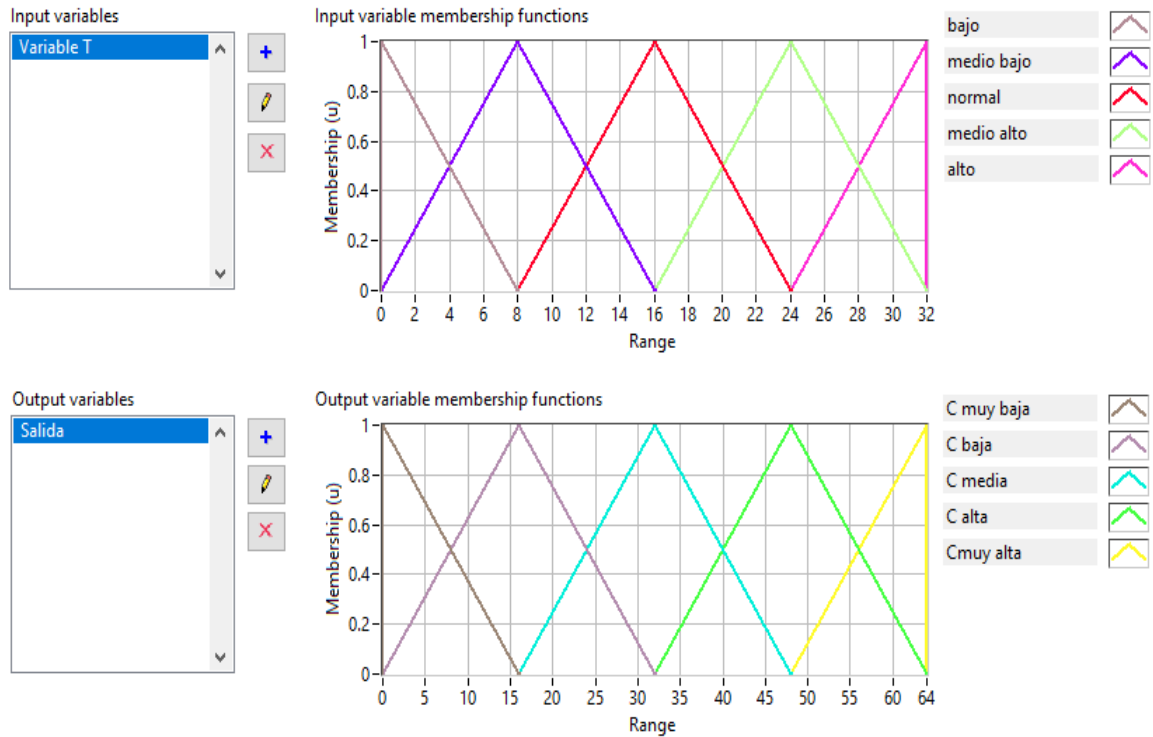


Figura 20-3: Variable de entrada y salida en el tercer intervalo de tiempo.
Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

Las reglas difusas de Mamdani.

- If “Variable T” is “bajo” Then “Salida” is “C muy baja”
- If “Variable T” is “medio bajo” Then “Salida” is “C baja”
- If “Variable T” is “normal” Then “Salida” is “C media”
- If “Variable T” is “medio alto” Then “Salida” is “C alta”
- If “Variable T” is “alto” Then “Salida” is “C muy alta”

El test del Sistema en el tercer intervalo de tiempo se observa en la figura 21-3.

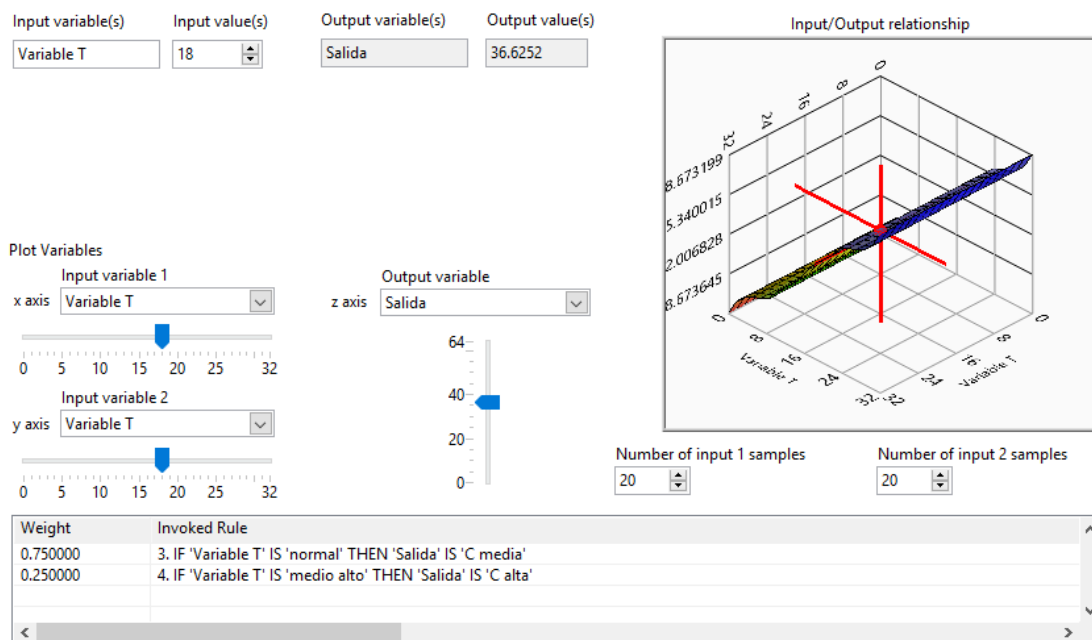


Figura 21-3: Test del Sistema en el tercer intervalo de tiempo.
Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

El sistema inteligente toma de la variable de entrada (T) entre 0 y 32 un valor de 18, y asigna mediante el método de defuzificación con centro de masa una salida (C) de 37, la cual se pondrá en manifiesto cuando se arranque el sistema en el hogar en el subintervalo de tiempo correspondiente. Este proceso se ira realizando hasta completar el intervalo de tiempo ingresado.

3.6.7. Visualización de la señal mediante la plataforma LabVIEW

3.6.7.1. Comunicación software

Se requiere instalar para el software del Arduino Uno con LabVIEW lo siguiente:

- Software LabVIEW (la versión 10 como mínimo)
- Software de Arduino (para la comunicación en los datos salientes a LabVIEW)
- VI package manager (los toolkits de arduino en LabVIEW)
- NI VISA de LabVIEW (comunicación datos entrantes del Arduino).

El desarrollo del controlador para el proceso se programa en LabVIEW con su correspondiente interfaz de software y para la ejecución del control del proceso en el hardware se utiliza la tarjeta Arduino Uno; donde se recibe la información de las entradas que se utilizan y envía la información

al controlador para ejecutar las acciones correspondientes. Se abre el VI Package Manager, se busca LabVIEW Interface for Arduino y se lo instala, como se muestra en la figura 22-3.

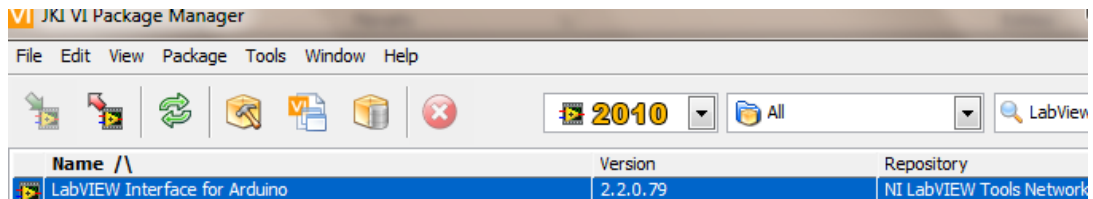


Figura 22-3: Instalación LabVIEW Interface for Arduino.
Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

Se debe instalar en el Arduino la librería Lifa_base.ino para que LabView maneje la información que reciba de la tarjeta. En el software Arduino se configura el puerto COM, figura 23-3.



Figura 23-3: Configuración PuertoCom Arduino.
Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

En el archivo Lifa_base.ino de la ruta se lo abre: C:\Program Files (x86)\National Instruments\LabVIEW2010\vi.lib\LabVIEWInterfaceforArduino\Firmware\LIFA_Base\Lifa_base.ino para enviar al Arduino, lo que se visualiza en la figura 24-3.

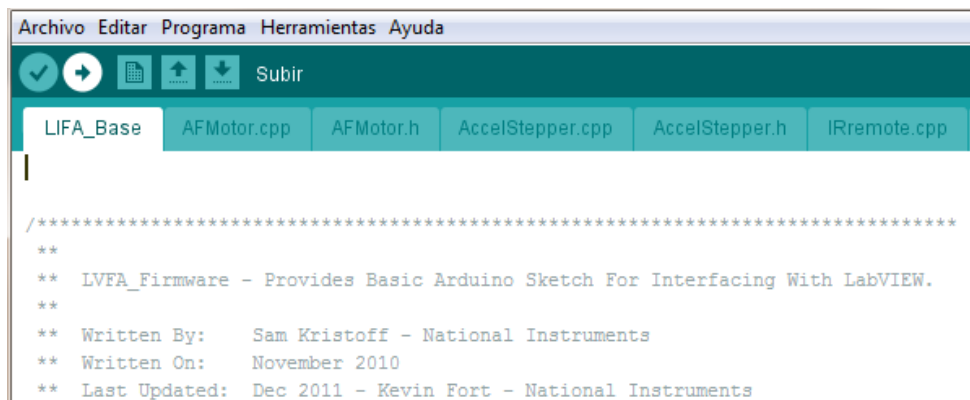


Figura 24-3: LabVIEW Interface for Arduino.
Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

Una vez realizadas las debidas instalaciones y configuraciones se obtiene el control del sistema según lo programado en LabVIEW. Se ejecuta el programa el cual fue diseñado para el efecto en LabVIEW, el mismo que se ilustra en la figura 25-3.

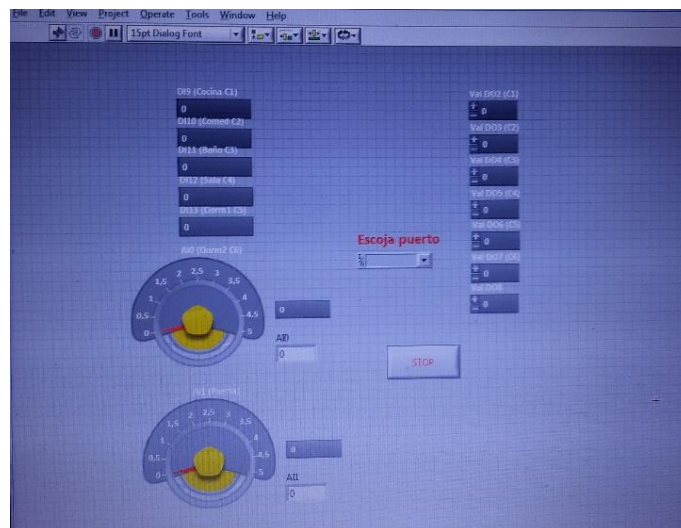


Figura 25-3: Programa diseñado en LabVIEW.
Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

3.7. Desarrollo del Controlador

Para el desarrollo del controlador en la plataforma de LabVIEW se necesita considerar varios parámetros debido a que influyen directamente en el proceso que se desea controlar.

3.7.7. Análisis de probabilidades

Para este tipo de análisis se realiza según el número de espacios que se tiene en el hogar, con el propósito de conocer la posible combinación que se utiliza para el encendido los focos de iluminación que simulan la presencia de personas en el hogar una vez que se encuentre en ejecución el sistema inteligente diseñado y programado en la plataforma LabVIEW. Cada uno de estos tiene la misma probabilidad de estar en estado de encendido o apagado en tiempos diferentes.

Al aplicar la lógica matemática el número de posibilidades (combinaciones) cuando se tiene seis variables (proposiciones) de que éstas sean verdaderas o falsas se define por la fórmula de:

$$Z = 2^n$$

Donde Z = Número de posibilidades, n = número de variables, por lo tanto, se tiene lo siguiente:

$$Z = 2^6$$

$$Z = 64$$

Lo que significa que relacionamos las variables al número de espacios en el hogar previamente diseñado para el proyecto, entonces decimos que dichos espacios pueden tener un estado de iluminación en Off = apagado u On = encendido (0 ó 1) y estar en cualquiera de las 64 posibilidades que se tiene según la calculado anteriormente.

Tabla 1-3: 63 POSIBILIDADES-COMBINACIONES SEGÚN LOS ESPACIOS CONSIDERADOS EN EL DISEÑO DEL HOGAR.

COMBINACIONES						
#	C1	C2	C3	C4	C5	C6
COMBINACIÓN	COCINA	COMEDOR	BAÑO	SALA	DORMITORIO 1	DORMITORIO 2
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	1
2	0	0	0	0	1	0
3	0	0	0	0	1	1
4	0	0	0	1	0	0
5	0	0	0	1	0	1
6	0	0	0	1	1	0
7	0	0	0	1	1	1
8	0	0	1	0	0	0
9	0	0	1	0	0	1
10	0	0	1	0	1	0
11	0	0	1	0	1	1
12	0	0	1	1	0	0
13	0	0	1	1	0	1
14	0	0	1	1	1	0
15	0	0	1	1	1	1
16	0	1	0	0	0	0
17	0	1	0	0	0	1
18	0	1	0	0	1	0
19	0	1	0	0	1	1
20	0	1	0	1	0	0

Continua Tabla 1-3.

Continua Tabla 1-3.

COMBINACIONES						
#	C1	C2	C3	C4	C5	C6
COMBINACIÓN	COCINA	COMEDOR	BAÑO	SALA	DORMITORIO 1	DORMITORIO 2
21	0	1	0	1	0	1
22	0	1	0	1	1	0
23	0	1	0	1	1	1
24	0	1	1	0	0	0
25	0	1	1	0	0	1
26	0	1	1	0	1	0
27	0	1	1	0	1	1
28	0	1	1	1	0	0
29	0	1	1	1	0	1
30	0	1	1	1	1	0
31	0	1	1	1	1	1
32	1	0	0	0	0	0
33	1	0	0	0	0	1
34	1	0	0	0	1	0
35	1	0	0	0	1	1
36	1	0	0	1	0	0
37	1	0	0	1	0	1
38	1	0	0	1	1	0
39	1	0	0	1	1	1
40	1	0	1	0	0	0
41	1	0	1	0	0	1
42	1	0	1	0	1	0
43	1	0	1	0	1	1
44	1	0	1	1	0	0
45	1	0	1	1	0	1
46	1	0	1	1	1	0
47	1	0	1	1	1	1
48	1	1	0	0	0	0
49	1	1	0	0	0	1
50	1	1	0	0	1	0
51	1	1	0	0	1	1
52	1	1	0	1	0	0
53	1	1	0	1	0	1
54	1	1	0	1	1	0
55	1	1	0	1	1	1
56	1	1	1	0	0	0
57	1	1	1	0	0	1
58	1	1	1	0	1	0
59	1	1	1	0	1	1
60	1	1	1	1	0	0
61	1	1	1	1	0	1
62	1	1	1	1	1	0
63	1	1	1	1	1	1

Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

3.7.8. Intervalos y subintervalos de tiempo.

Para definir los intervalos y subintervalos y poder considerar una o varias combinaciones dentro de ellos se requiere controlar varios parámetros como:

El límite superior del intervalo (LSI) no sea menor o igual al límite inferior del intervalo (LII)

El límite superior del subintervalo (LSS) no sea menor o igual al límite inferior del subintervalo (LIS). En la figura 26-3 se aprecia los intervalos y subintervalos de tiempo ingresados en el programa.

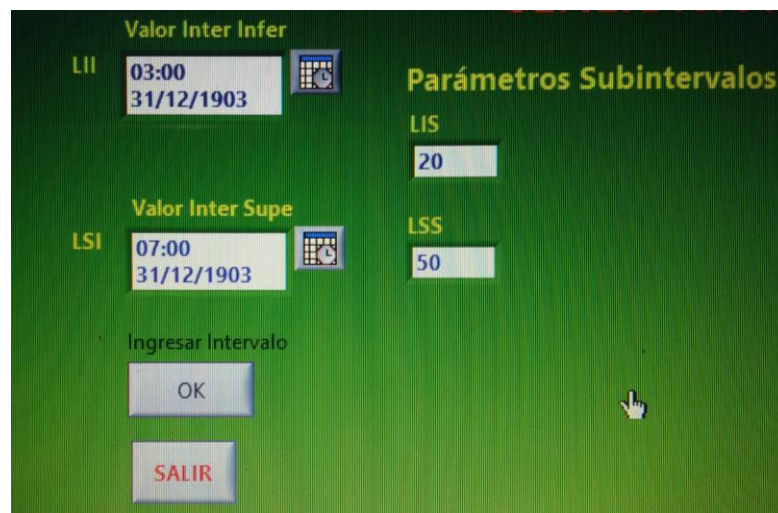


Figura 26-3: Intervalos y subintervalos de tiempo.
Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

La resta entre el valor de límite superior del intervalo menos el valor del límite inferior cambiante ($LSI - LIC$) debe ser mayor o igual al 50% del límite inferior del subintervalo para que se genere un nuevo subintervalo, caso contrario se remplazara el valor del subintervalo superior (SS) en horas por el valor del límite superior del intervalo considerado.

Se utiliza una aplicación de LabVIEW y mediante el sistema inteligente se puede establecer la aleatoriedad para la programación del controlador; tener diferentes combinaciones en distintos subintervalos de tiempo.

Al realizar una resta entre los valores numéricos del límite superior del subintervalo y límite inferior del subintervalo ($LSS - LIS$) nos permite tener un valor redondeado que representa al elemento según el sistema inteligente, seguido de esto para obtener los siguientes subintervalos se considera a un valor en horas desde un límite inferior cambiante o subintervalo inferior (LIC o

SI) hasta el valor en horas del subintervalo superior (SS). En la figura 27-3 tenemos Random (0-1) vs valor numérico.

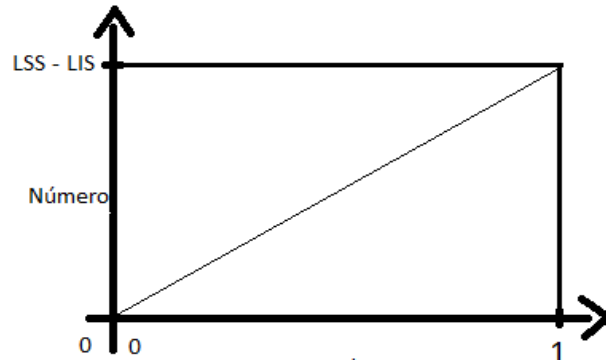


Figura 27-3: Sistema Inteligente vs Valor Numérico.
Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

Para ver que combinación se da, el sistema inteligente (0 - 1) nos permite tener un número aleatorio redondeado que representa una combinación a distintos subintervalos de tiempo. En la figura 28-3 se aprecia el valor del sistema inteligente vs combinación.

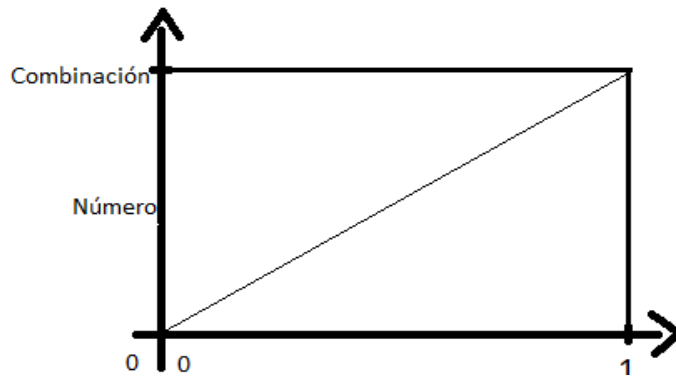


Figura 28-3 Sistema Inteligente vs Valor Numérico de Combinación.
Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

Se hace necesario para la programación del controlador que el LII y el LSI se representen en número además de valores en horas. A continuación, se representa la ecuación que define esta conversión.

$$D = 300 + (60 * e) + f$$

Donde: D = Número que se busca, e = Valor de hora entero, f = valor de minuto entero.

3.7.9. Generación tabla global con elementos.

Se genera una tabla vector en blanco por asuntos de programación, luego de ejecutar el controlador indistintamente de cómo se vaya generando los diferentes elementos los envía sobre dicha tabla a almacenarse en el orden que se requiere. Si ingresamos un solo intervalo y un subintervalo, al ponerle en funcionamiento el controlador todos los elementos que se generen se almacenan en la tabla global; ya que se ubicaran dichos elementos sobre cuyo vector tabla creado anteriormente.

Todo esto se genera en un día desde las 00:00 am hasta las 24:00 pm, empezando desde la hora en que se ingresa los datos correspondientes. Una vez terminado el día o no el controlador diseñado permite modificar o mantener los intervalos y subintervalos, quiere decir que en el caso de que se ingrese manualmente los datos necesarios en el sistema desde ahí se generara una nueva tabla global.

Para cuando se haya terminado el día y no se realice el cambio de información el mismo sistema permite que al pasar otra vez por las 00:00 am se genere otra tabla global diferente y se escriba sobre la anterior, manteniendo iguales únicamente los límites interior y superior de intervalos y subintervalos.

Cuando se ingresa más de un intervalo y subintervalo la ejecución es parecido a la anterior con la diferencia que se van escribiendo todos los subintervalos con sus elementos generados sobre la tabla global según vayan apareciendo durante el día, y así funciona el sistema hasta cuando se lo reinicie o apague. En la figura 29-3 se ilustra una tabla global con todos los elementos considerados para el controlador.

GENERACIÓN DE COMBINACIONES

Valor Inter Infer
LI 03:00
31/12/1903

Valor Inter Super
LSI 07:00
31/12/1903

Parámetros Subintervalos
LIS 20
LSS 50

OK
CANCEL

LEGENDA:
C1=COCINA; C2=COMEDOR
C3=BAÑO; C4=SALA
C5=DORMITORIO 1
C6=DORMITORIO 2
ON=ENCENDIDO; OFF=APAGADO

#SI	LI	LSI	LIS	LSS	LSS-LIS	Random	SI	SS	#Comb	C1	C2	C3	C4	C5	C6	LI#	LSI#
1	3:00	7:00	20	50	30	23	3:00	3:43	51	ON	ON	OFF	OFF	ON	OFF	480	720
2	3:00	7:00	20	50	30	19	3:43	4:22	40	ON	OFF	OFF	ON	ON	ON	480	720
3	3:00	7:00	20	50	30	4	4:22	4:46	53	ON	ON	OFF	ON	OFF	OFF	480	720
4	3:00	7:00	20	50	30	11	4:46	5:17	40	ON	OFF	OFF	ON	ON	ON	480	720
5	3:00	7:00	20	50	30	24	5:17	6:01	26	OFF	ON	ON	OFF	OFF	ON	480	720
6	3:00	7:00	20	50	30	5	6:01	6:26	52	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON	480	720
7	3:00	7:00	20	50	30	19	6:26	7:00	20	OFF	ON	OFF	OFF	ON	ON	480	720

Figura 29-3: Tabla global con elementos.
Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

3.8. Desarrollo del HMI en LabVIEW.

Se diseña en la plataforma LabVIEW un control para conectar los pines que se configuran como estradas o salidas, se utilizan desde la DO2 a la DO8 para las salidas, desde la DI9 a la DI13 y la AI0 Y AI1 analógicas acondicionadas para las entradas que se necesitan. La codificación de muestra en la figura 30-3.

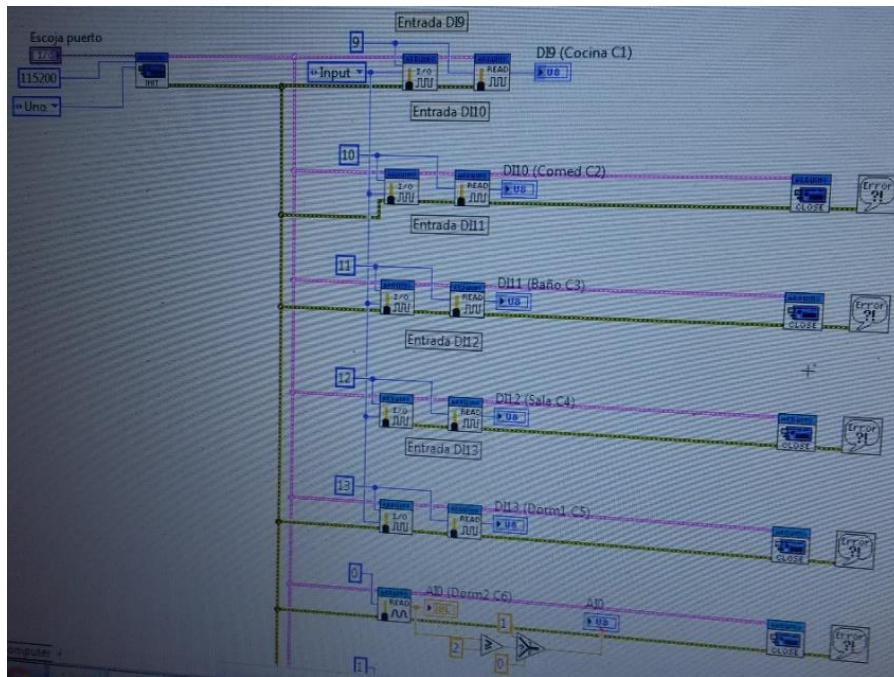


Figura 30-3: Adquisición de señales.
Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

En el sistema de HMI tenemos: usuario, contraseña, botones de verificar, reiniciar, salir, tabla global de elementos, representación del hogar con sus respectivas entradas (ventanas y puerta principal) y salidas (focos); todos los elementos que se tienen en el HMI están programados según los requerimientos del proyecto para lo cual controlamos lo siguiente:

El ingreso correcto de usuario y contraseña, si se va a ejecutar el programa por primera vez nos permite ingresar el o los intervalos y subintervalos para que se generen los elementos de la tabla global según lo programado en el controlador. Seguido a esto se procede a verificar todo para arrancar el programa una vez que el usuario salga de casa y garantizar la seguridad hasta su regreso al mismo. Se pueden presentar los siguientes casos:

Al momento de ingresar el usuario y contraseña; si estos son correctos y se aplasta el botón de verificar, a la vez se ingresa los intervalos y subintervalos en base a la necesidad de cada usuario para que el controlador genere los elementos de la tabla global y con estos poder simular la

presencia de personas mediante el encendido o apagado de luces en los diferentes espacios del hogar durante diferentes tiempos y con distintas combinaciones.

El sistema nos da un tiempo para poder salir por la puerta principal para que empiece a funcionar el sistema domótico. Al momento que el usuario regresa a casa entra por el acceso principal y tiene un tiempo para ingresar su usuario y contraseña y verificar para reiniciar el sistema de seguridad.

En el caso de que es sistema éste funcionando y exista un intruso que haya ingresado sea por cualquiera de las ventanas se dispara la alarma y el encendido de luces es intermitente e incluso por el acceso principal del hogar; le dará un tiempo hasta que ingrese el control de usuario, pero como no se lo ingresa correctamente la alarma sigue activada.

El sistema inteligente no permite reiniciar el control con los mismos datos de intervalos y subintervalos o modificar los mismos, en cualquiera de los casos siempre que se haga funcionar el sistema domótico se generara una diferente tabla global y el sistema parte desde la hora actual para que se vaya ejecutando según los elementos generados en la tabla mencionada.

El HMI tiene un sistema que es un inteligente y aleatorio, debido siempre se van ejecutando diferentes combinaciones en distintos subintervalos de tiempo automáticamente, y asemeja al comportamiento de cada usuario porque les permite ingresar los intervalos y subintervalos de tiempo según las necesidades de cada uno de ellos.

El HMI del proyecto se visualiza en la figura 31-3.



Figura 31-3: HMI del proyecto diseñado en LabVIEW.
Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados.

4.1.1. Obtención de datos mediante el sistema inteligente

La investigación fue realizada previa a las necesidades de brindar seguridad en los hogares, se considera una posible solución al problema de inseguridad con el diseño considerado para el proyecto, en adelante se explicará los detalles de los resultados y pruebas se realizaron con el sistema en funcionamiento.

Para realizar un adecuado análisis de pruebas y resultados una vez puesto en funcionamiento el sistema de control, se adecuado realizar una comparación del sistema que fue diseñado y su simulación en la plataforma LabVIEW con resultado obtenido al momento de su implementación, es decir verificar el que todo lo programado se visualice en la casa diseñada para el efecto. En la figura 1-4 se ilustra el funcionamiento del sistema al ingresar los primeros datos en el programa.

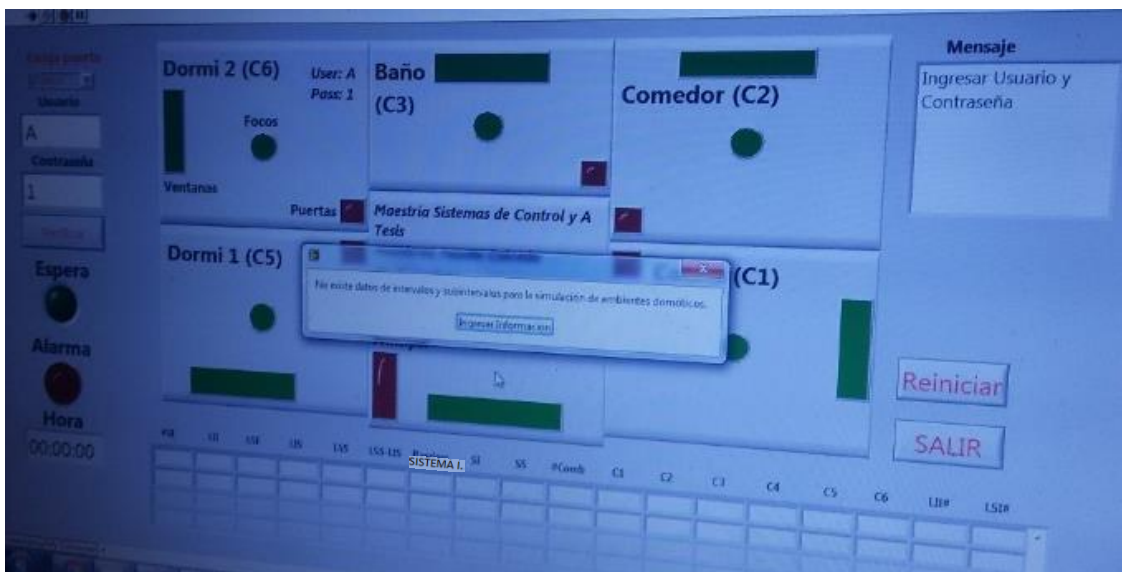


Figura 1-4: Ingreso adecuado del control de usuario.
Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

El sistema de control tiene varias funcionalidades debido a que el usuario puede ingresar la información que se requiere en el sistema y siempre le va indicando que sucede mientras el programa está ejecutándose.

4.1.2. Funcionamiento del Sistema en el Hogar

En la construcción del hogar para la implementación del sistema se permiten obtener funcionalidad del mismo mediante la ejecución de las acciones de las entradas y salidas con las que cuenta el hogar considerado. En la figura se muestra 2-4 se muestra la el hogar a escala donde se realizó la implementación.



Figura 2-4: Hogar a escala donde se realiza la implementación.
Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

Para la implementación se consideraron varios aspectos como los inconvenientes de cierre de la puerta y ventanas que son nuestras entradas para el control, los focos que son las salidas al igual que la alarma, además que se debieron realizar varios acondicionamientos tanto para las salidas y entradas por requerimiento de los equipos con los que se trabajaron para poder hacer dicha implementación del sistema de control.

En la figura 3-4 se ilustra las algunas de las entradas y salidas que se tienen en la construcción del hogar.



Figura 3-4: Ventanas, puertas y elementos de iluminación en el hogar.
Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

El sistema nos permite también ingresar la información de intervalos y subintervalos de una forma adecuada como se puede observar en la figura 4-4.



Figura 4-4: Intervalos y subintervalos ingresados correctamente.
Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

Una vez ingresados los intervalos y subintervalos podemos evidenciar en la figura 5-4 como el controlador realiza la ejecución para que se generen los elementos de la tabla general de una forma simultánea y correcta.

#SI	UI	LSI	LIS	LSS	LSS-LIS	Random	SI	SS	#Comb	C1	C2	C3	C4	C5	C6	LII#	LSI#
1	3:00	7:00	20	50	30	23	3:00	3:43	51	ON	ON	OFF	OFF	ON	OFF	480	720
2	3:00	7:00	20	50	30	19	3:43	4:22	40	ON	OFF	OFF	ON	ON	ON	480	720
3	3:00	7:00	20	50	30	4	4:22	4:46	53	ON	ON	OFF	ON	OFF	OFF	480	720
4	3:00	7:00	20	50	30	11	4:46	5:17	40	ON	OFF	OFF	ON	ON	ON	480	720
5	3:00	7:00	20	50	30	24	5:17	6:01	26	OFF	ON	ON	OFF	OFF	ON	480	720
6	3:00	7:00	20	50	30	5	6:01	6:26	52	ON	ON	OFF	OFF	ON	ON	480	720
7	3:00	7:00	20	50	30	19	6:26	7:00	20	OFF	ON	OFF	OFF	ON	ON	480	720

Figura 5-4: Generación de los elementos en la tabla global.
Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

Con los datos generados podemos trabajar al controlador y poner en funcionamiento el sistema. En la figura 6-4 se puede observar que el sistema comienza a trabajar.

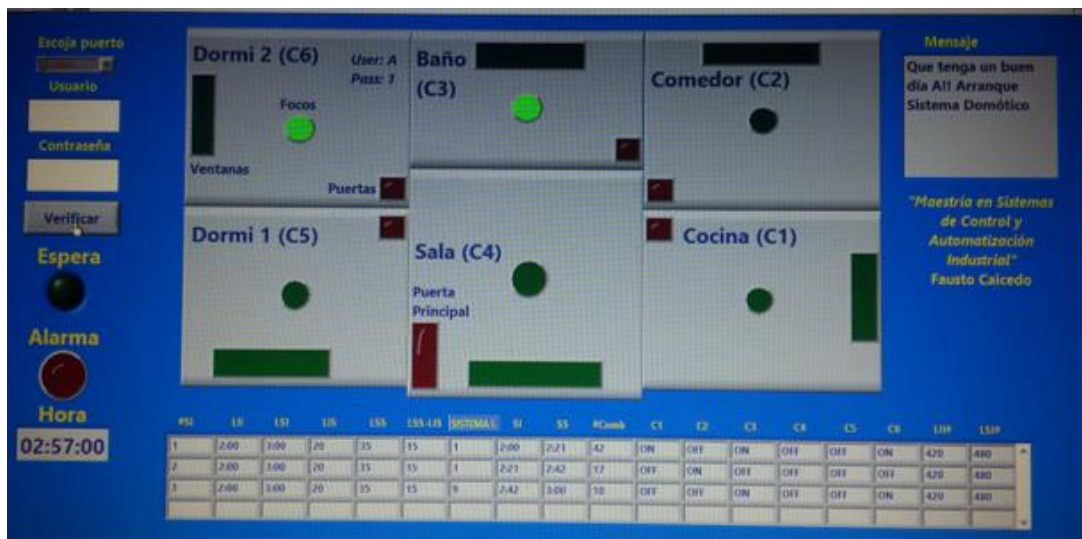


Figura 6-4: Sistema de control activado.
Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

El sistema empieza a funcionar desde la hora en la cual se manda a activar el sistema de seguridad. El instante que hace el paso por las 00:00 horas, es decir; se termina el día en el cual se ingresó los intervalos y subintervalos el sistema automáticamente genera con los mismos intervalos y subintervalos otra tabla global con combinaciones diferentes ejecutándose en tiempos distintos por lo que el sistema es inteligente y aplica la aleatoriedad en el proceso.

Es un sistema que le permite al usuario simular la realidad de presencia de personas en su hogar aun cuando él no está en casa, según sus horarios ingresados en el sistema. Esto se evidencia en la figura 7-4.



Figura 7-4: Generación de nueva tabla global.
Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

En el caso de no estar nadie en casa, el sistema está trabajando, simulando la presencia de personas cuando no las hay, entonces se evidencia en la figura 8-4, el caso en que uno de los accesos al hogar se abre simulando la presencia de un intruso, ya sea cualquiera de las ventanas o incluso la puerta, se activa la alarma y las luces se prenden todas a la vez.



Figura 8-4: Encendido de alarma y luces.
Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

En la siguiente figura 9-4 se aprecia el encendido de las luces en el hogar, permitiendo saber que se ha disparado la alarma por el ingreso de algún intruso.



Figura 9-4: Encendido de luces en el hogar.
Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

4.1.3. Funcionamiento de los componentes electrónicos y comunicación del Sistema de Control.

Los elementos electrónicos considerados para el proyecto funcionan adecuadamente, la comunicación de todos los equipos del sistema son adecuada, lo que permite realizar durante varios minutos varias pruebas y no se presentan inconvenientes con ninguno de ellos.

Las señales de entradas y salidas son interpretadas adecuadamente por el Arduino Uno. Las etapas de acondicionamiento de las entradas y salidas que se tienen mediante las placas diseñadas nos permiten realizar las pruebas necesarias para poner en manifiesto el correcto funcionamiento del sistema de control. En la figura 10-4 se observa dichos elementos.

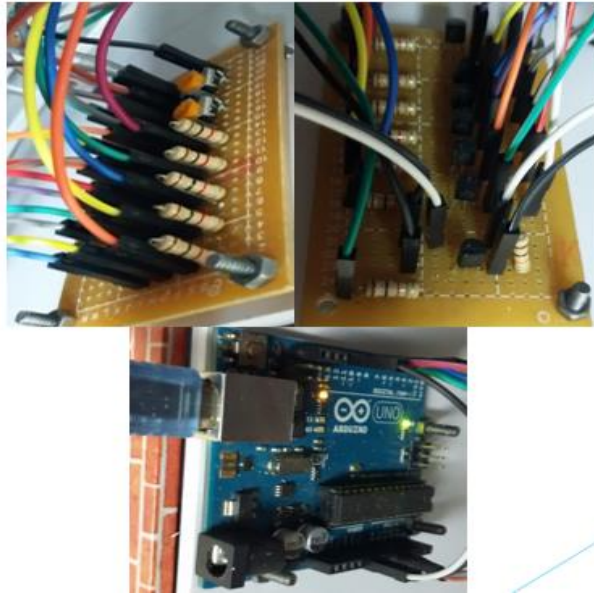


Figura 10-4: Funcionamiento elementos electrónicos.
Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

4.1.4. Funcionamiento HMI

El funcionamiento del HMI permite al sistema inteligente facilitar al usuario indicar todos los eventos que se van realizando antes, durante y después de activar el sistema de seguridad implementado en el hogar para el efecto.

En la figura 11-4 se visualiza el HMI, donde encontramos el control de usuario, alarmas de intrusión.

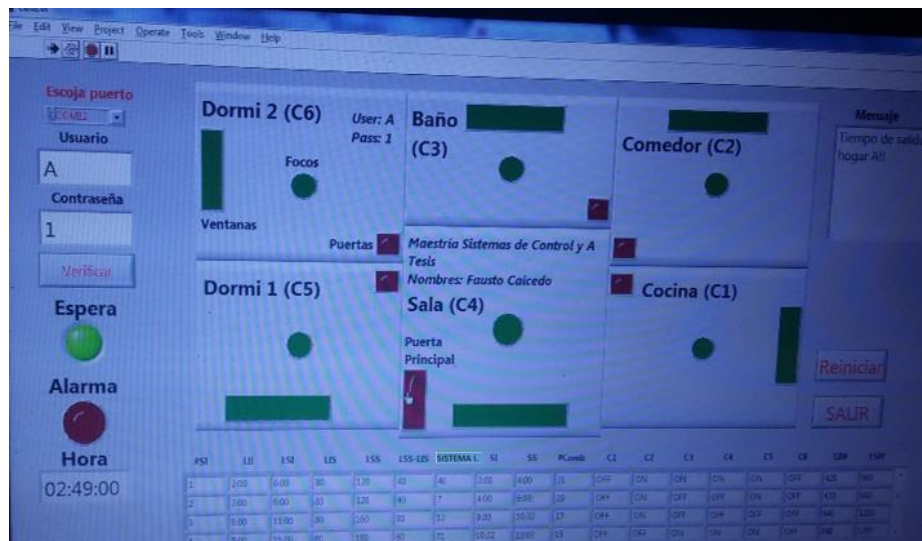


Figura 11-4: HMI del proyecto en funcionamiento.
Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

4.1.5. *Funcionamiento del Sistema Automático*

En la figura 12-4 se presenta todos los equipos en conjunto al entrar en funcionamiento todo el sistema automático el cual fue diseñado para que simule la presencia de persona en un hogar cuando no las haya, que cuente con un sistema de control de usuario y con alarmas de intrusión para brindar seguridad en los hogares, además de asemejar el comportamiento de usuario el sistema permite tener mayor seguridad debido a que es un sistema inteligente y aleatorio.

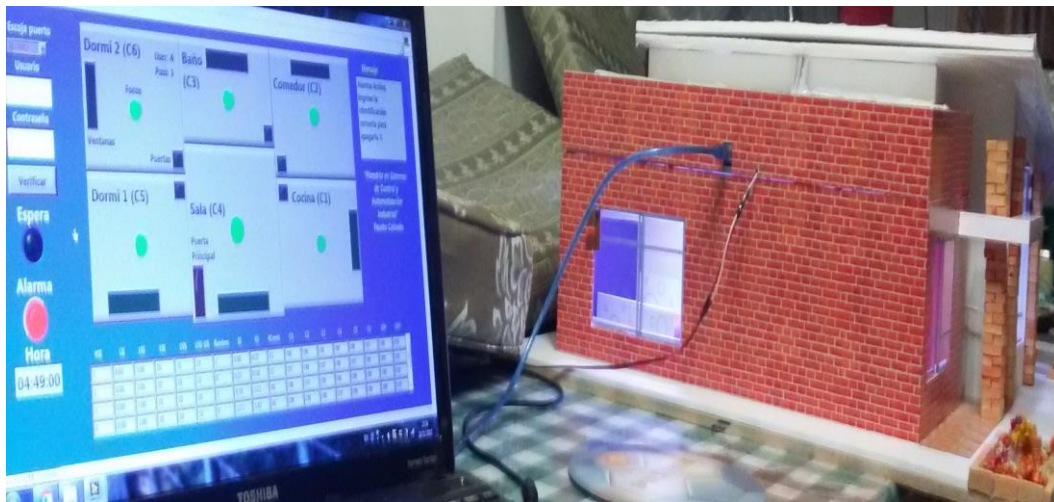


Figura 12-4: Equipos del Sistema Automático en funcionamiento.
Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

4.2. **Demostración hipótesis: Comparación de medidores**

La hipótesis de trabajo y la hipótesis nula son las siguientes:

H1: El diseño e implementación de un sistema inteligente en hogares estándar unifamiliares servirá para la simulación de presencia de personas, control de usuario y alarmas de intrusión.

H0: El diseño e implementación de un sistema inteligente en hogares estándar unifamiliares no servirá para la simulación de presencia de personas, control de usuario y alarmas de intrusión.

Para la adecuada simulación de presencia de personas es necesario entrenar y programar el sistema en base al comportamiento cotidiano del mismo en el hogar. Es importante definir y separar por comportamientos comunes en lo relacionado a la distribución de tiempo en que duren los mismos.

Desde las 7 PM se registra un comportamiento regular de encendido de luces de cuartos que duren de 15 a 20 minutos hasta las 10 PM. En base a ello definimos un intervalo de comportamientos semejantes, intervalo de 7 PM a 10 PM con subintervalos semejantes de 15 a 20 min. Esto lo programa el usuario del sistema en base al conocimiento de su propio comportamiento cotidiano.

Se genera subintervalos con tiempos aleatorios entre 15 y 20 min. Hasta las 10 PM y completar este límite superior del intervalo. Serán aleatorios pues así se asemejará a la duración impredecible del subintervalo, pero lógicamente con valores de 15 a 20 min.

Podemos calcular la probabilidad de que un suceso se repita exactamente de un día con el otro, debemos considerar por lo menos 2 parámetros: Probabilidad de que coincida aleatoriamente el mismo subintervalo de tiempo y la probabilidad de que coincida la combinación de encendido de luces la cual por ser 6 cuartos tiene un máximo de 64 posibilidades.

Esta última probabilidad calculamos del hecho que nuestras variables son booleanas, del tipo ON-OFF. Existe una manera de calcular todas las combinaciones posibles en este tipo de variables con la ecuación

$$\text{Número Combinaciones} = 2^n$$

Donde n es el número de variables, en nuestro caso de cuartos, n= 6. Total 64 combinaciones.

Las cuales se detallaron en el capítulo anterior a manera de tabla de verdad booleana 1-3.

Para el cálculo de la probabilidad de que dos eventos de un día al otro coincidan exactamente en su horario, la misma hora de inicio y de finalización. Con el otro evento de escoger la misma combinación de encendido de luces de las 64 posibilidades la calcularemos con un ejemplo solamente para la diferencia de un subintervalo relativamente corto.

Suponemos que tenemos como diferencia de un subintervalo 5 minutos, de 10H05 a 10H10, 14H21 a 14H26, etc. Las posibilidades de combinaciones en cada minuto son 64, multiplicado por 5 minutos tenemos: $5 \times 64 = 320$ posibilidades. La probabilidad de tener una de ella es:

$$P = \frac{1 \text{ evento}}{320 \text{ posibilidades}} = 0.00312$$

$$P = 0.31\%$$

Vemos que para la diferencia de tiempo de un sub intervalo sumamente pequeño la probabilidad es sumamente baja. En lo práctico estos valores de subintervalo no son reales. Un caso real es por ejemplo 20 minutos, 16H10 a 16H30, 20H33 a 20H55, etc. La probabilidad para este caso sería: Número de posibilidades = 20 x 64 = 1280. (En cada minuto podemos tener cualquiera de las 64 posibilidades). La probabilidad está dada por:

$$P = \frac{1 \text{ evento}}{1280 \text{ posibilidades}} = 0.0007812$$

$$P = 0.078\%$$

La probabilidad real para un evento doméstico se repita de un día al otro tiende a cero.

Por ello ahora verificaremos el cumplimiento del programa en la generación de los intervalos y subintervalos aleatorios dentro de los valores definidos por el usuario, pues se realiza un análisis con estadística descriptiva y se realiza una prueba de Anova con los datos obtenidos con el programa con dos hogares en días diferentes e iguales intervalos de tiempo.

En H_0 se establece que las medias de tiempo de encendido para una determinada combinación son iguales, mientras que en H_1 se considera que todas las medias de tiempo son diferentes. Se tiene una significancia de tabla del 0.05 y una calculada de 0.9, como estamos sobre el valor de la significancia de tabla rechazamos la H_0 y verificamos que H_1 se cumple.

Entonces se dice que “El diseño e implementación de un sistema inteligente en hogares estándar unifamiliares sirve para la simulación de presencia de personas con control de usuario y es aplicado para verificar su funcionamiento en un ambiente de alarmas de intrusión.”.

En la tabla 2-4 se muestran las medias de los intervalos de tiempo; donde se evidencia que todos son diferentes.

Tabla 2-4: MEDIAS DE INTERVALOS DE TIEMPO.

	DÍAS DE CONTROL EFECTUADOS			SUBINTERVALOS DE TIEMPO		
	HORAS	DÍAS	CODIFICACIÓN	SI	SS	TIEMPO ENCENDIDO
INTERVEALOS DE TIEMPO	05H00 am-12H00 am	LUNES	Control 1	7.64	8.80	8.22
			Control 2	8.03	9.20	8.62
	13H00 pm-13H30 pm	MARTES	Control 1	13.10	13.20	13.15
			Control 2	13.07	13.22	13.14
	00H00am-03H30 am	MIÉRCOLES	Control 1	9.07	2.17	5.62
			Control 2	9.13	2.23	5.68

Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

En la siguiente tabla 3.4 se observa las combinaciones según los días en los que se realiza el control en los ambientes domóticos (hogares), además de los intervalos, la media de tiempo de encendido de una determinada combinación y el ambiente domótico donde ocurre el evento.

Tabla 3-4: COMBINACIONES SEGÚN LOS DÍAS DE CONTROL REALIZADOS.

COMBINACIÓN		INTERVALO DE TIEMPO		DÍAS DE CONTROL EFECTUADOS									
				LUNES		MARTES		MIÉRCOLES					
				CONTROL 1	CONTROL 2	CONTROL 1	CONTROL 2	CONTROL 1	CONTROL 2				
				TIEMPO ENCENDIDO	TIEMPO ENCENDIDO	TIEMPO ENCENDIDO	TIEMPO ENCENDIDO	TIEMPO ENCENDIDO	TIEMPO ENCENDIDO				
CODIFICACIÓN													
Medi a	Recuento	Medi a	Recuento	Medi a	Recuento	Medi a	Recuento	Medi a	Recuento	Medi a	Recuento	Medi a	Recuento
C6	13H00pm-13H30pm		0		0	13.06	1		0		0		0
	00H00am-03H30am		0		0		0		0	12.52	1		0
C3	05H00-12H00am		0	11.58	1		0		0		0		0
C3-C5	05H00-12H00am	11.22	1		0		0		0		0		0
C3-C4-C6	05H00-12H00am	9.79	1		0		0		0		0		0
C2-C5	00H00am-03H30am		0		0		0		0		0	2.78	1
C2-C4-C5	05H00am-12H00am		0	7.90	1		0		0		0		0
C2-C4-C5-C6	00H00am-03H30am		0		0		0		0		0	12.58	1
C2-C3-C6	05H00am-12H00am	7.60	1	9.25	1		0		0		0		0
C2-C3-C5	00H00am-03H30am		0		0		0		0	1.61	1		0
C2-C3-C4	00H00am-03H30am		0		0		0		0		0	1.70	1
C1-C4-C5	13H00pm-13H30pm		0		0	13.15	1		0		0		0
C1-C3-C4-C5-C6	05H00am-12H00am		0	6.77	1		0		0		0		0
C1-C2-C5-C6	05H00am-12H00am	5.53	1		0		0		0		0		0
C1-C2-C4-C5-C6	05H00am-12H00am	6.56	1	10.62	1		0		0		0		0
	13H00pm-13H30pm		0		0		0	13.22	1		0		0
C1-C2-C3-C5	00H00am-03H30am		0		0		0		0	2.74	1		0
C1-C2-C3-C4	13H00pm-13H30pm		0		0	13.24	1		0		0		0
C1-C2-C3-C4-C6	13H00pm-13H30pm		0		0		0	13.07	1		0		0
C1-C2-C4-C5	05H00am-12H00am	8.64	1		0		0		0		0		0
C1-C2-C3-C4-C5-C6	05H00am-12H00am		0	5.59	1		0		0		0		0

Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

En la tabla 4.4 se puede apreciar los datos descriptivos como: el número de subintervalos inferiores (SI), subintervalos superiores (SS), la media de SI y SS, desviación típica e intervalos de confianza.

Tabla 4-4: DATOS DESCRIPTIVOS.

		DESCRIPTIVO							
		N	Media	Desviación típica	Error típico	Intervalo de confianza para la media al 95%		Mínimo	Máximo
						Límite inferior	Límite superior		
SI	Control 1	12	9.3617	6.14225	1.77312	5.4591	13.2643	1.04	24.00
	Control 2	11	9.2473	6.30399	1.90073	5.0122	13.4824	1.15	24.00
	Total	23	9.3070	6.07707	1.26716	6.6790	11.9349	1.04	24.00
SS	Control 1	12	8.2450	4.39741	1.26942	5.4510	11.0390	1.04	13.30
	Control 2	11	8.0291	4.36677	1.31663	5.0955	10.9627	1.15	13.30
	Total	23	8.1417	4.28350	.89317	6.2894	9.9941	1.04	13.30
TIEMPO ENCENDIDO	Control 1	12	8.8033	4.07938	1.17761	6.2114	11.3952	1.61	13.24
	Control 2	11	8.6382	4.06051	1.22429	5.9103	11.3661	1.70	13.22
	Total	23	8.7243	3.97771	.82941	7.0043	10.4444	1.61	13.24

Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

En la tabla 5.4 se muestra los resultados obtenidos mediante la prueba del Anova, donde se evidencia los valores de significancia de los subintervalos superior e inferior, y de los tiempos de encendido; por lo que el valor de la significancia calculada (Sig.) en todos los casos es mayor que la de significancia de tabla, lo que nos permite aceptar la hipótesis de trabajo (H1) y rechazar la hipótesis nula (Ho).

Tabla 5-4: RESULTADOS MEDIANTE PRUEBA ANOVA.

		ANOVA DE UN FACTOR				
		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
SI	Inter-grupos	0.075	1	0.075	0.002	0.965
	Intra-grupos	812.403	21	38.686		
	Total	812.478	22			
SS	Inter-grupos	0.268	1	.268	0.014	0.907
	Intra-grupos	403.396	21	19.209		
	Total	403.663	22			
TIEMPO ENCENDIDO	Inter-grupos	0.157	1	0.157	0.009	0.923
	Intra-grupos	347.932	21	16.568		
	Total	348.088	22			

Realizado por: Caicedo Benavides Fausto 2018

Una vez aceptada la hipótesis H1 mediante la demostración con la prueba anova; y el sistema ya en funcionamiento, se garantiza la correcta simulación de presencia de personas en espacios domóticos por lo que los eventos se dan según las distintas combinaciones en diferentes subintervalos de tiempo, lo cual nos justifica la aplicabilidad del sistema gracias al funcionamiento adecuado del controlador que permite una simulación semejante a la realidad.

CONCLUSIONES

Se diseñó el controlador de un sistema inteligente para la simulación de presencia de personas, control de usuario y alarmas de intrusión, el mismo que al momento de la implementación funcionó como se esperaba en el diseño.

La implementación del sistema inteligente se lo hizo mediante un hogar diseñado a escala en AutoCAD en el cual se verifica el funcionamiento adecuado del controlador diseñado en la plataforma LabVIEW, funcionando correctamente (DO2 hasta DO8), (DI9 hasta DI13), (AIO – AI1) con su respectiva configuración utilizadas del Arduino Uno.

Por medio del presente proyecto podemos mejorar los sistemas de control convencionales en ambientes domiciliarios debido a que es un sistema inteligente y a la vez aleatorio, por lo que no es predecible por lo que el mismo sistema va generando cada día nuevas combinaciones que se dan en distintos subintervalos de tiempo; pues este sistema utiliza lógica difusa para la generación de las diferentes combinaciones (salidas) en distintos tiempos (entradas).

El sistema inteligente nos muestra mediante avisos en la pantalla principal del HMI los requerimientos para el adecuado funcionamiento del mismo; sea antes, durante o después de activar el mismo.

El proyecto se enfoca a la simulación de presencia de personas mediante el diseño e implementación del sistema inteligente al obtener un controlador difuso, el cual se pone en evidencia su funcionamiento en un ambiente doméstico; donde el sistema de alarmas permite la aplicabilidad del mismo en un hogar implementado para el efecto.

El sistema inteligente a más de simulación de presencia de personas en casa mediante el encendido de luces en la noche, nos permite programar para encender otros equipos eléctricos o dispositivos electrónicos en el día de ser necesario.

El controlador difuso diseñado permite que el sistema inteligente sea no predecible, pues los eventos se dan con distintas combinaciones en diferentes subintervalos de tiempo; lo cual permite una simulación semejante a la realidad y además, contribuye a la seguridad en los espacios domóticos donde se utilizan dichos sistemas.

El presente trabajo de investigación se puede considerar como punto de partida para realizar futuros proyectos debido a que se presentan algunos parámetros a controlar como el desarrollo de un control a distancia del sistema de seguridad, siendo esto una parte complementaria a esta investigación.

RECOMENDACIONES

Se recomienda utilizar equipos con software compatibles para que en el momento de la comunicación no se presenten inconvenientes, sobre todo cuando se realiza las pruebas en las implementaciones que correspondan.

Además, es bueno tener en cuenta que los sistemas inteligentes de seguridad nos permiten un uso amigable para con el usuario, por lo que es adecuado siempre en un sistema detalle de lo que sucede con el mismo antes, durante y después de ser activado.

Cuando se realice una implementación siempre es recomendable realizar las adecuadas configuraciones de los equipos para su funcionamiento y tener una comunicación que nos permita realizar las pruebas y obtener los resultados esperados.

Es necesario considerar que al momento de realizar el diseño del controlador se analicen todas las posibilidades que se puedan presentar al momento de poner en funcionamiento el sistema, para que todas las situaciones que se puedan presentar estén ya controladas dentro del mencionado sistema inteligente de seguridad para hogares.

Se debe tener en cuenta que este tipo de investigaciones desarrolladas generan sistemas inteligentes que son un aporte al desarrollo de los sistemas de seguridad que se pueden aplicar en los diferentes ambientes domóticos.

Se puede considerar el uso de energías alternativas, en el caso que se trabaje exclusivamente con un sistema de alarmas en futuros proyectos, el cual no podría quedarse des-energizado debido a la funcionalidad del mismo para garantizar la seguridad en los ambientes domóticos donde se tenga este tipo de sistemas. En nuestro caso no es considerado este parámetro debido a que el medio de alarmas es únicamente aplicativo para verificar la funcionabilidad de nuestro sistema.

BIBLIOGRAFÍA

APABLAZA, D., Y MUÑOZ, J. (2016). Implementación de Laboratorio de un Convertidor Boost Interleaved para Aplicaciones Fotovoltaicas. *IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS* [en línea]. VOL. 14, NO. 6. ISSN: 1548-0992
[fecha de consulta: 4 septiembre 2016].

http://www.ewh.ieee.org/reg/9/etrans/ieee/issues/vol14/vol14issue6June2016/14TLA6_34Apablaza.pdf

BERNABÉ, M. B., VANOYE, J. [et al.] (2016). Diseño de experimentos para un problema de particionamiento multiobjetivo. *IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS* [en línea]. VOL. 14, NO. 5. ISSN: 1548-0992
[fecha de consulta: 2 septiembre 2016].

http://www.ewh.ieee.org/reg/9/etrans/ieee/issues/vol14/vol14issue5May2016/14TLA5_47BernabeLoranca.pdf

ECHEVERRÍA, M. V. T., ECHEVERRÍA, H. M. [et al.] (2016). Diseño de un Prototipo para Selección y Procesamiento de Señales Sismológicas. *IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS* [en línea]. VOL. 14, NO. 6. ISSN: 1548-0992
[fecha de consulta: 23 agosto 2016].

http://www.ewh.ieee.org/reg/9/etrans/ieee/issues/vol14/vol14issue6June2016/14TLA6_15TomboliniEcheverria.pdf

ESQUIVEL, J. A., OSUNA, J. A. [et al.] (2016). Promediación, Aproximación y Control de Ecuaciones Diferenciales Funcionales por Jesús Aureliano Esquivel *IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS* [en línea]. VOL. 14, NO. 4. ISSN: 1548-0992
[fecha de consulta: 21 julio 2016].

http://www.ewh.ieee.org/reg/9/etrans/ieee/issues/vol14/vol14issue4April2016/14TLA4_08EsquivelCardenas.pdf

HINJOSA, V., TICUNA, O., Y GUTIERREZ, G. (2016). Mejora en la formulación matemática del problema de asignación de unidades con restricciones del sistema de transmisión. *IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS* [en línea]. VOL. 14, NO. 2. ISSN: 1548-0992

[fecha de consulta: 5 agosto 2016].

http://www.ewh.ieee.org/reg/9/etrans/ieee/issues/vol14/vol14issue2Feb.2016/14TLA2_49Hinojosa.pdf

JÁCOME T., R. A. (2017). Análisis comparativo de los resultados entre Compresómetro analógico y LVDT'S en ensayos de Compresión de cilindros de concreto [en línea]. Riobamba: Universidad Nacional del Chimborazo

[fecha de consulta: 14 febrero 2017].

<http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/3473/1/UNACH-ING-CIVIL-2017-0002.pdf>

JIMÉNEZ, F., LARA, F. Y REDEL, M. (2014). API para la comunicación entre Labview y Arduino UNO. *IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS* [en línea]. VOL. 12, NO. 6. ISSN: 1548-0992

[fecha de consulta: 12 diciembre 2016].

http://ewh.ieee.org/reg/9/etrans/ieee/issues/vol12/vol12issue6Sept.2014/12TLA6_03JavierJimenez.pdf

KASCHEL, H., LANYÓN, C., Y AHUMADA, C. (2016). Método Numérico de Diferencias Finita del Campo Eléctrico para determinar el SAR generado en una antena tipo Microstrip aplicada a una WBAN. *IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS* [en línea]. VOL. 14, NO. 6. ISSN: 1548-0992

[fecha de consulta: 18 agosto 2016].

http://www.ewh.ieee.org/reg/9/etrans/ieee/issues/vol14/vol14issue6June2016/14TLA6_63KaschelCarcamo.pdf

LOVAY, M., PERETTI, G. Y ROMERO, E. (2015). Implementación de un filtro adaptivo utilizando una estrategia de hardware evolutivo. *IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS* [en línea]. VOL. 13, NO. 4. ISSN: 1548-0992
[fecha de consulta: 18 diciembre 2016].

http://ewh.ieee.org/reg/9/etrans/ieee/issues/vol13/vol13issue04April2015/13TLA4_06Lovay.pdf

LOZOYA, C., AGUILAR, A., Y MENDOZA, C. (2016). Diseño Orientado a Servicios de un Dispositivo de Adquisición de Datos en la Agricultura de Precisión. *IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS* [en línea]. VOL. 14, NO. 4. ISSN: 1548-0992
[fecha de consulta: 29 junio 2016].

http://www.ewh.ieee.org/reg/9/etrans/ieee/issues/vol14/vol14issue4April2016/14TLA4_21Lozoya.pdf

MERCHÁN, S., Y DUARTE, J. (2016). Análisis de las técnicas de minería de datos para la construcción de un modelo predictivo para el Rendimiento Académico. *IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS* [en línea]. VOL. 14, NO. 6. ISSN: 1548-0992
[fecha de consulta: 26 mayo 2016].

http://www.ewh.ieee.org/reg/9/etrans/ieee/issues/vol14/vol14issue6June2016/14TLA6_42MerchanRubiano.pdf

MINCHALA, L. I., SÁNCHEZ, C. E. [et al.] (2016). Estudio comparativo de modelos de caja-negra para la predicción de la fineza del cemento usando medidas de entrada y salida de un circuito de molienda. *IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS* [en línea]. VOL. 14, NO. 2. ISSN: 1548-0992
[fecha de consulta: 10 mayo 2016].

http://www.ewh.ieee.org/reg/9/etrans/ieee/issues/vol14/vol14issue2Feb.2016/14TLA2_36Minchala.pdf

MIRANDA, K., Y RAMOS, V. (2016). Mejorando la recolección de datos en Redes de Sensores con estimación en series de tiempo. *IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS* [en línea]. VOL. 14, NO. 5. ISSN: 1548-0992
[fecha de consulta: 11 julio 2016].

http://www.ewh.ieee.org/reg/9/etrans/ieee/issues/vol14/vol14issue5May2016/14TLA5_51Miranda.pdf

RODRÍGUEZ, M. V., HERNÁNDEZ, L. A. [et al.] (2016). Monitoreo en tiempo real de variaciones de voltaje usando morfología matemática. *IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS* [en línea]. VOL. 14, NO. 5. ISSN: 1548-0992
[fecha de consulta: 16 junio 2016].

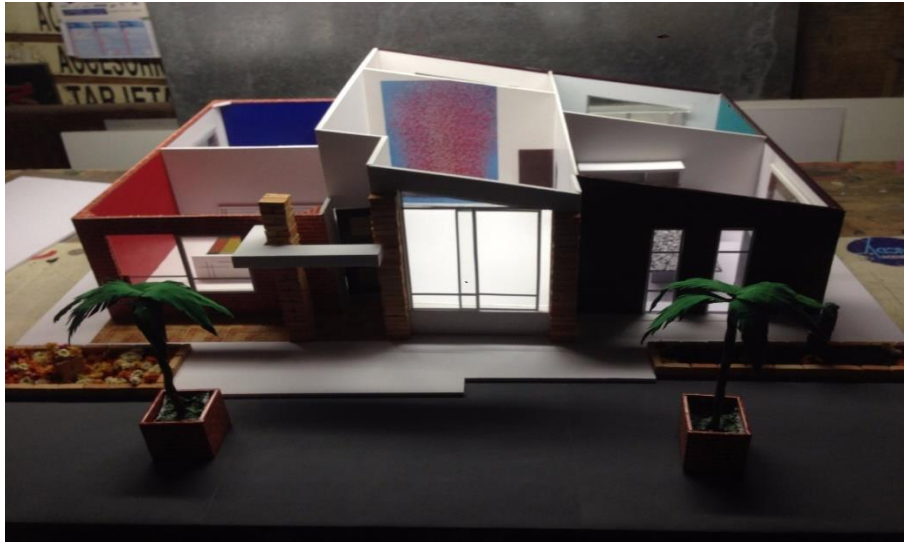
http://www.ewh.ieee.org/reg/9/etrans/ieee/issues/vol14/vol14issue5May2016/14TLA5_16ValtierraRodriguez.pdf

VALENCIA, A., GONZÁLEZ, G., Y CASTAÑEDA, M. (2016). Modelo de ecuaciones estructurales para estudiar la aceptación del m-learning. *IEEE LATIN AMERICA TRANSACTIONS* [en línea]. VOL. 14, NO. 4. ISSN: 1548-0992
[fecha de consulta: 2 junio 2016].

http://www.ewh.ieee.org/reg/9/etrans/ieee/issues/vol14/vol14issue4April2016/14TLA4_64ValenciaArias.pdf

ANEXOS

Anexo A: Hogar construido a escala para la implementación del Sistema inteligente



Anexo B: Implementación del sistema inteligente en el hogar construido a escala

