UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DEL ECUADOR

FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y TECNOLOGÍAS APLICADAS

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA INTELIGENTE DE SENSADO Y CONTROL PARA APLICACIONES RESIDENCIALES. CASO: EDIFICIO SHALOM

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN MECATRÓNICA

OÑA ENRIQUEZ DANIEL ALEJANDRO

DIRECTOR: ING. JENNY CABASCANGO C., MSc.

Quito, Octubre 2014

DECLARACIÓN

Yo, DANIEL ALEJANDRO OÑA ENRIQUEZ declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que se ha investigado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mi derecho de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo, a la Universidad Internacional del Ecuador, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por normativa institucional vigente.

…….

Daniel Oña E.

CERTIFICACIÓN

La Docente de la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías Aplicadas Ing. Jenny Cabascango Calderón

CERTIFICA QUE:

El proyecto de investigación “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA INTELIGENTE DE SENSADO Y CONTROL PARA APLICACIONES RESIDENCIALES. CASO: EDIFICIO SHALOM”, fue desarrollado por Daniel Alejandro Oña Enriquez, ha sido debidamente revisado y está en condiciones de ser entregado para que siga lo dispuesto por la Facultad de Ciencias Exactas y Tecnologías Aplicadas, correspondiente a la sustentación y defensa del mismo.

_____

ING. JENNY CABASCANGO C., MSc.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1. EVOLUCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE AUTOMATIZACIÓN HACIA LOS EDIFICIOS INTELIGENTES 1

1.1 ASPECTOS GENERALES 1

1.1.1 TIPOS DE EDIFICACIoNES 1

1.1.1.1 Edificio Automatizado 1

1.1.1.2 Edificio Domótico 1

1.1.1.3 Edificio Inmótico 1

1.1.1.4 Edificio Digital 2

1.1.1.5 Edificio Inteligente 2

1.1.2 APLICACIONES DE EJEMPLO 3

1.1.2.1 Plaza de toros de Navalcarnero (Madrid – España) 3

1.1.2.2 Casa Inteligente para discapacitados (San Fernando – España) 3

1.2 DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS INTELIGENTES DE CONTROL Y SENSADO PARA APLICACIONES RESIDENCIALES 4

1.2.1 CONTROL INTELIGENTE 5

1.3 SISTEMATIZACIÓN 6

1.4 MARCO METODOLÓGICO 7

1.4.1 TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN 7

1.4.2 POBLACIÓN Y MUESTRA 7

1.4.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES 8

1.4.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .. 10

1.4.5 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS 10

1.4.6 VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD 10

1.5 MARCO LÓGICO 11

CAPÍTULO 2. ESTADO ACTUAL, DESARROLLO Y PROYECCIÓN DEL SISTEMA 14
2.1 RETOS DE INVESTIGACIÓN 14
2.2 DISEÑO DEL SISTEMA 18
2.2.1 ESTADO ACTUAL DE LA EDIFICACIÓN 19
2.2.1.1 Estado actual del estacionamiento 20
2.2.1.2 Estado actual oficina torre A 24
2.2.1.3 Estado actual oficina torre B 26
2.2.1.4 Estado actual departamento torre A 29
2.2.1.5 Estado actual departamento torre B 31
2.2.1.6 Estado actual de gradas de acceso del edificio 33
2.2.2 INFORMACIÓN SOBRE LA PROYECCIÓN TECNOLÓGICA DEL EDIFICIO 35
2.2.2.1 Proyección futura parqueadero 35
2.2.2.2 Proyección futura oficina torre A 36
2.2.2.3 Proyección futura oficina torre B 37
2.2.2.4 Proyección futura departamento torre A y departamento torre B 38
2.2.2.5 Proyección alarmas médicas y de pánico 39
2.2.2.6 Proyección futura gradas de acceso 39
2.3 ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL ENTORNO ACTUAL 39
2.3.1 ANÁLISIS CRONOLÓGICO SOBRE EL CONSUMO DEL EDIFICIO 41
2.3.2 RELACIÓN DE CONSUMO EN ILUMINACIÓN FRENTE AL CONSUMO TOTAL 47
2.4 EFICIENCIA Y CONSUMO ENERGÉTICO 55
2.5 OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS 57

2.6 ARQUITECTURA DE CONTROL 57
2.6.1 ARQUITECTURA CENTRALIZADA 58
2.6.2 ARQUITECTURA DESCENTRALIZADA 58
2.6.3 ARQUITECTURA DISTRIBUIDA 59
CAPÍTULO 3. SISTEMAS MECÁNICOS 60
3.1 MECANISMOS DENTRO DE LA EDIFICACIÓN 60
3.1.1 Puerta de acceso vehicular estacionamiento 60
3.1.2 Cerradura de Acceso al Edificio: 61
3.1.3 Cerraduras de acceso a Departamentos y Oficinas: 62
3.2 MÉTODO DE INTEGRACIÓN PARA LOS SISTEMAS FÍSICOS DEFINIDOS 63
3.2.1 PUERTA DE ACCESO VEHICULAR ESTACIONAMIENTO 63
3.2.1.1 Mecanismos de desplazamiento 63
3.2.1.1.1 Puerta Batiente 63
3.2.1.1.2 Puerta Corrediza 64
3.2.1.1.3 Puerta Basculante 64
3.2.1.2 Análisis de alternativas para el acceso al estacionamiento 65
3.2.1.3 Selección del mecanismo de transmisión de movimiento para la puerta de acceso 68
3.2.2 CERRADURA DE ACCESO AL EDIFICIO 72
3.2.3 CERRADURAS DE ACCESO A DEPARTAMENTOS Y OFICINAS 73
CAPÍTULO 4. SISTEMAS DE CONTROL ELECTRÓNICO 74
4.1 DESCRIPCIÓN DE TECNOLOGÍAS APLICABLES PARA SISTEMAS DE CONTROL Y SENSADO 74
4.1.1 ESTÁNDAR DE CONTROL KNX 74

4.1.2 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN X10 74
4.1.3 RED LOCAL DE CONTROL LONWORKS 75
4.1.4 EsTÁNDAR DE COMUNICACIONES ZIGBEE 76
4.2 COMPARATIVA DE LAS TECNOLOGÍAS POSIBLES A APLICARSE 77
4.3 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PARA SELECCIONAR EL SISTEMA DE CONTROL ÓPTIMO EN LOS SISTEMAS FÍSICOS 78
4.4 SELECCIÓN DE COMPONENTES PARA EL SISTEMAS DE CONTROL CAPACES DE INTEGRARSE A LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE SENSADO 80
4.4.1 Fabricantes de sistemas de control 81
4.4.1.1 Control4 81
4.4.1.2 Solidmation 81
4.4.2 CUADRO COMPARATIVO DE ACUERDO A LAS NECESIDADES PARA LA INTEGRACIÓN AL SISTEMA DE CONTROL Y SENSADO INTELIGENTE 81
4.5 CONTROL PARA DISPOSITIVOS ON/OFF 83
4.6 CONTROL DE INTENSIDAD (DIMMER) PARA LÁMPARAS 83
4.7 CONTROL PARA SISTEMA DE SEGURIDAD 84
4.8 IMPLEMENTACIÓN DEL ALGORITMO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA EL CONTROL INTELIGENTE DE SENSADO 86
CAPÍTULO 5. SISTEMAS DE COMUNICACIÓN 89
5.1 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN ZIGBEE 89
5.2 CONFIGURACIÓN DE LA ARQUITECTURA DE COMUNICACIÓN ENTRE LOS SISTEMAS DE CONTROL Y LOS SISTEMAS FÍSICOS 93
5.3 SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS CONFIABLES DE COMUNICACIÓN PARA EL CONTROL ALÁMBRICO E INALÁMBRICO 96

5.4 CONFIGURACIÓN DE LA PLATAFORMA INFORMÁTICA PARA EL CONTROL DE LOS SISTEMAS FÍSICOS 100

5.5 DESARROLLO Y PROGRAMACIÓN APLICADO EN EL SISTEMA INTELIGENTE DE CONTROL Y SENSADO PARA EL EDIFICIO SHALOM 111

CAPÍTULO 6. DESARROLLO DE LA INTERFAZ DE CONTROL (HMI) 116

6.1 DESARROLLO DE UNA INTERFAZ DE CONTROL SIMPLE PARA EL CONTROL DE USUARIO FINAL 116

6.2 CONFIGURACIÓN DE LA PLATAFORMA WEB PARA SOPORTE DE INTERFAZ DE CONTROL 121

6.3 CONTROL VÍA WEB DE SISTEMAS FÍSICOS 125

CAPÍTULO 7. PRUEBAS Y VERIFICACIONES 129

7.1 SISTEMAS DE CONTROL INTELIGENTE Y AUTOMÁTICO 129

7.2 INTERFAZ DE CONTROL (HMI) 129

7.3 SEGURIDAD DEL SISTEMA Y PLATAFORMA DE CONTROL 135

7.4 EFICIENCIA DE RESPUESTA DEL SISTEMA 136

7.5 AHORRO DE CONSUMO ENERGÉTICO PARA EL EDIFICIO 141

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 143

CONCLUSIONES 143

RECOMENDACIONES 144

BIBLIOGRAFÍA 145

ANEXOS 151

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ámbitos del Hogar Digital. 2
Figura 2. Plaza de toros de Navalcarnero, Madrid-España. 3
Figura 3. Panel Solar instalado en casa inteligente para discapacitados en San Fernando – España. 4
Figura 4. Interacción de controlador de vivienda. 18
Figura 5. Edificio Shalom. 20
Figura 6. Estacionamiento Edificio Shalom. 23
Figura 7. Oficina Torre A Edificio Shalom. 25
Figura 8. Oficina Torre B Edificio Shalom. 28
Figura 9. Departamento Torre A Edif. Shalom 30
Figura 10. Departamento Torre B Edif. Shalom. 32
Figura 11. Gradas de acceso y salida. 34
Figura 12. Consumo de energía de artefactos eléctricos y electrónicos. 41
Figura 13. Análisis de consumo Torre A, Oficina 1. 42
Figura 14. Análisis de consumo Torre A, Departamento 3. 43
Figura 15. Análisis de consumo Torre A, Departamento 4. 44
Figura 16. Análisis de consumo Torre B, Oficina 1B. 45
Figura 17. Análisis de consumo Torre B, Departamento 3. 46
Figura 18. Análisis de consumo Torre B, Departamento 4. 47
Figura 19. Relación de consumo lumínico vs consumo total tomado de planilla eléctrica EEQ Torre A, Oficina 1 49
Figura 20. Relación de consumo lumínico vs consumo total tomado de planilla eléctrica EEQ Torre B, Oficina 1B. 50
Figura 21. Relación de consumo lumínico vs consumo total tomado de planilla eléctrica EEQ Torre B, Departamento 3. 51
Figura 22. Relación de consumo lumínico vs consumo total tomado de planilla eléctrica EEQ Torre B, Departamento 4. 52
Figura 23. Relación de consumo lumínico vs consumo total tomado de planilla eléctrica EEQ Departamento 3 Torre A. 53

Figura 24. Relación de consumo lumínico vs consumo total tomado de planilla eléctrica EEQ Departamento 4 Torre A. 55
Figura 25. Potencial de ahorro y eficiencia energética en instalaciones de iluminación. 56
Figura 26. Arquitectura Centralizada. 58
Figura 27. Arquitectura Descentralizada. 59
Figura 28. Arquitectura Distribuida. 59
Figura 29. a) Puerta de acceso vehicular al parqueadero., b) Mecanismo corredizo horizontal., c) Rueda de desplazamiento., d) Candado de seguridad..... 61
Figura 30. a) Puerta de acceso al Edificio Shalom., b) Cerradura eléctrica 62
Figura 31. Puerta de Acceso a los departamentos..... 62
Figura 32. Sistema Abatible. 63
Figura 33. Sistema Corredizo. 64
Figura 34. Sistema Basculante..... 65
Figura 35. Diagrama de Fuerza aplicadas sobre la puerta de acceso vehicular 69
Figura 36. Cerradura Digital. 73
Figura 37. Diagrama esquemático de un agente reflejo simple..... 87
Figura 38. Diagrama esquemático de un agente reflejo simple aplicado al sistema de seguridad para departamentos en Edificio Shalom. 88
Figura 39. Tipo de paquetes básicos de Zigbee..... 91
Figura 40. Tipos de topología de Zigbee 92
Figura 41. Arquitectura del Sistema 94
Figura 42. Esquema repetición inalámbrica ZigBee. 95
Figura 43. Instalación eléctrica para HPA-2130 y HPA-2140 96
Figura 44. Instalación eléctrica para HPA-2530-LV..... 97
Figura 45. Transformador de cable UTP a Terminal BNC y voltaje (emisor/receptor). 98
Figura 46. Digital Video Recorder Hikvision DS7104HWI-SL..... 98
Figura 47. Configuración de dispositivo IP con servidor Habeetat Planner 99

Figura 48. Instalación eléctrica para HPA-2601. 99
Figura 49. Identificación de dispositivos (Pestaña Dispositivos). 100
Figura 50. Agregar Nuevo Dispositivo. 101
Figura 51. Asistente para agregar nuevo dispositivo. 101
Figura 52. Búsqueda automática de nuevos dispositivos cercanos. 102
Figura 53. Configuración de Endpoint o Endpoints de un dispositivo. 103
Figura 54. Visualización de planos para programación de interfaz. 104
Figura 55. Visualización de imágenes en un plano de la interfaz. 104
Figura 56. Configuración de eventos sobre una imagen. 105
Figura 57. Plano de submenús compuesto de interfaz. 106
Figura 58. Plano de submenús para el sistema de Edif. Shalom. 106
Figura 59. Plano de activación/desactivación de seguridad. 107
Figura 60. Ejemplo de programación en VBScript. 107
Figura 61. Ejemplo de programación en JScript. 108
Figura 62. Menú de programación de una macro. 109
Figura 63. Programación de un desencadenador en una macro 109
Figura 64. Menú de programación de una escena. 110
Figura 65.Diagrama de programación luminarias estacionamiento 111
Figura 66. Diagrama de programación luminarias gradas 112
Figura 67. Diagrama de programación luminarias oficina. 113
Figura 68. Diagrama de programación luminarias departamento. 114
Figura 69. Diagrama de programación sistema de seguridad departamento. 115
Figura 70. Menú de selección de planos, Endpoints, Escenas, Macros y códigos IR. 117
Figura 71. Construcción de la interfaz: Ubicación de Endpoints en plano. 118
Figura 72. Interfaz de control, submenú selección de zona. 119
Figura 73. Interfaz de control, submenú selección de funcionalidad (aplicación). 119
Figura 74. Interfaz de control, control de luminarias. 120
Figura 75. Interfaz de control, visualización de cámaras. 120
Figura 76. Preferencias de configuración de Servidor Web. 121

Figura 77. Configuración de puertos para el Servidor Web. 122
Figura 78. Configuración de Firewall - Router Cisco. 123
Figura 79. Configuración de servicios personalizados (Custom Services). 123
Figura 80. Lista de servicios personalizados y puerto correspondientes. 124
Figura 81. Configuración de la redirección de puerto a utilizarse. 124
Figura 82. Lista de puertos redireccionados en Firewall. 125
Figura 83. Autentificación del acceso al sistema desde un dispositivo móvil. 126
Figura 84. Selección de zona desde plataforma web. 126
Figura 85. Menú de selección de funcionalidad (aplicación) desde plataforma web. 127
Figura 86. Control de luminarias desde plataforma web. 127
Figura 87. Visualización de cámaras desde plataforma web. 128
Figura 88. Visualización de la Interfaz de control. 130
Figura 89. Ilustración resultado primera pregunta sobre el acceso al sistema 131
Figura 90. Ilustración resultado primera pregunta sobre uso de la interfaz. ... 132
Figura 91. Ilustración resultado segunda pregunta sobre uso de la interfaz. . 133
Figura 92. Ilustración resultado tercera pregunta sobre uso de la interfaz. 134
Figura 93. Reporte de severidad crítica del Firewall (Firewall Logs). 136
Figura 94. Medición de paquetes desde un Smartphone hacia servidor 137
Figura 95. Reporte de severidad crítica del Firewall (Firewall Logs). 138
Figura 96. Páginas Web solicitadas por la acción del paquete. 139
Figura 97. Tiempo de respuesta desde los dispositivos finales hacia el servidor 140
Figura 98. Reporte de velocidad de transmisión en dispositivo móvil (Red de Datos Movistar®). 140

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Grupo de usuarios por nivel según las habilidades en el manejo de sistemas tecnológicos. 8
Cuadro 2. Operación de Variables. 9
Cuadro 3. Matriz de Marco Lógico. 12
Cuadro 4. Actividades – Matriz de Marco Lógico. 13
Cuadro 5. Distribución por circuito en las zonas controladas. 21
Cuadro 6. Escenarios de consumo eléctrico para estacionamiento. 21
Cuadro 7. Descripción de parámetros a evaluarse en la selección del mecanismo que actuará en la puerta del estacionamiento del Edificio Shalom. 66
Cuadro 8. Comparación técnica motores Rogers N. 72
Cuadro 9. Características KNX. 74
Cuadro 10. Características X-10. 75
Cuadro 11. Características Lonworks. 76
Cuadro 12. Características Zigbee. 77
Cuadro 13. Comparativa Tecnologías KNX, X-10, Lonworks y Zigbee. 78
Cuadro 14. Descripción de parámetros a evaluarse en la selección del sistema de control para el Edificio Shalom. 79
Cuadro 15. Descripción de parámetros a evaluarse en la selección del mecanismo que actuará en la puerta del estacionamiento del Edificio Shalom. 82
Cuadro 16. Diferenciación de canales entre equipos para control ON/FF. 83
Cuadro 17. Equipo de control dimmer. 84
Cuadro 18. Equipo integrador para alarmas DSC. 85
Cuadro 19. Descripción cerradura digital YALE YRD221. 85
Cuadro 20. Modelo de pila de protocolos para Zigbee. 90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Análisis comparativo entre el consumo con focos ahorradores y focos incandescentes aplicando el 25% de ahorro energético. 17
Tabla 2. Resumen lectura de planillas de consumo eléctrico Junio-Octubre 2013 Torre A, Oficina 1. 42
Tabla 3. Resumen lectura de planillas de consumo eléctrico Junio-Octubre 2013 Torre A, Departamento 3. 43
Tabla 4. Resumen lectura de planillas de consumo eléctrico Junio-Octubre 2013 Torre A, Departamento 4. 44
Tabla 5. Resumen lectura de planillas de consumo eléctrico Junio-Octubre 2013 Torre B, Oficina 1B. 45
Tabla 6. Resumen lectura de planillas de consumo eléctrico Junio-Octubre 2013 Torre B, Departamento 3. 46
Tabla 7. Resumen lectura de planillas de consumo eléctrico Junio-Octubre 2013 Torre B, Departamento 4. 47
Tabla 8. Consumo lumínico promedio Torre A, Oficina 1. 48
Tabla 9. Consumo lumínico promedio Torre B, Oficina 1B. 50
Tabla 10. Consumo lumínico promedio Torre B, Departamento 3. 51
Tabla 11. Consumo lumínico promedio Torre B, Departamento 4. 52
Tabla 12. Consumo lumínico promedio Torre A, Departamento 3. 53
Tabla 13. Consumo lumínico promedio Departamento 4 Torre A. 54
Tabla 14. Análisis para el acceso al estacionamiento del Edificio Shalom. 67
Tabla 15. Análisis de alternativas mediante métodos de ponderación para seleccionar los sistemas de control óptimos en los sistemas físicos. 80
Tabla 16. Comparación de acuerdo a las necesidades para la integración al sistema de control y sensado inteligente. 82
Tabla 17. Resultado de la pregunta sobre el acceso al sistema 131
Tabla 18. Resultado de la pregunta sobre el despliegue de menús en el uso de la interfaz. 132
Tabla 19. Resultado de la pregunta sobre la información del estado de los puntos terminales en el uso de la interfaz. 133

Tabla 20. Resultado de la pregunta sobre la interacción con los puntos terminales en el uso de la interfaz 134
Tabla 21. Descripción de captura de paquetes para la comunicación con el servidor desde un Smartphone. 137
Tabla 22. Descripción de captura de paquetes para la comunicación con el servidor desde una computadora. 138
Tabla 23. Datos consumo lumínico promedio posterior al cambio de lámparas Departamento 4 Torre A. 141
Tabla 24. Datos consumo lumínico promedio posterior al cambio y control habilitado por el sistema Departamento 4 Torre A. 142

RESUMEN

Este proyecto tiene como objetivo el diseño y construcción de un sistema inteligente de sensado y control para aplicaciones residenciales, el cual busca integrar todos los sistemas posibles encontrados en el edificio Shalom de tal manera que dichos sistemas puedan funcionar como un único conjunto.

En primer lugar se recopilo la información sobre sistemas actuales en usos tanto mecánicos como electrónicos para determinar su proceso de automatización y posterior integración al sistema inteligente de sensado y control.

Se llevó a cabo el proceso de automatización de la puerta de acceso vehicular y las luminarias de uso en las zonas comunes. Dichos sistemas automatizados fueron integrados a través de los equipos de control fabricados por la empresa Solidmation S.A. Estos equipos de control fueron seleccionados por el protocolo de comunicación que emplean (Protocolo de comunicación Zigbee) que evita gran cantidad de trabajos de obra civil en el rediseño estructural del cableado.

El sistema cuenta con la implementación de un algoritmo de inteligencia artificial el cual permite mejorar la seguridad y el ahorro energético de tal manera que los usuarios constatan cambios representativos, tanto en la seguridad que el sistema les presta como en el bajo consumo eléctrico que se presenta en las planillas.

Para el control del sistema se implementó una HMI de fácil uso, la cual es accesible desde cualquier lugar donde se cuente con una conexión a internet.

El anexo E contiene la terminología detallada sobre los conceptos afines a este proyecto.

ABSTRACT

This project aims to design and build a smart sensing and control system for residential applications, which seeks to integrate all possible systems found in Shalom building so that these systems can function as a single unit.

First information on existing systems in mechanical and electronic applications are compiled to determine their automation process and subsequent integration to the sensing and control intelligent system.

Was carried out the process of automating the vehicular gate and luminaires in common areas. Such automated systems were integrated through control equipment manufactured by the company Solidmation SA This hardware was selected by the communication protocol used (Zigbee communication protocol) avoiding large amount of civil works in the structural redesign of the wiring.

The system includes the implementation of an artificial intelligence algorithm which improves safety and energy savings so that users could make sure representative changes in both system security and low power consumption that is presented in the electric bills.

A friendly HMI (Human machine interface) was implemented to control the system, which is accessible from anywhere you have obtained an Internet connection.

Annex E contains the detailed terminology concepts related to this project.

CAPÍTULO 1. EVOLUCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DE AUTOMATIZACIÓN HACIA LOS EDIFICIOS INTELIGENTES

1.1 ASPECTOS GENERALES

La evolución de las tecnologías de automatización para edificios inteligentes emprende su mayor desarrollo en el siglo XIX donde surgen conceptos como: edificio automatizado, edifico domótico, edificio inmótico, edificio digital y edificio ecológico, entre otros. Estos conceptos permiten el crecimiento en la innovación tecnológica para inmuebles que permitirán la conceptualización de edificio inteligente.

1.1.1 TIPOS DE EDIFICACIONES

Según Romero, Vázquez y Castro (2011) clasifican a las edificaciones como:

1.1.1.1 Edificio Automatizado

Es un concepto empleado para referirse a un inmueble que tiene algún tipo de automatismo. En consecuencia ante una solicitud prevista, genera la respuesta ajustada a las propiedades del mecanismo correspondiente. Un edificio automatizado engloba tres áreas: confort, ahorro energético y seguridad.

1.1.1.2 Edificio Domótico

Se refiere al conjunto de técnicas utilizadas para la automatización en los procesos de gestión para las viviendas unifamiliares.

1.1.1.3 Edificio Inmótico

Concepto que se enfoca puntualmente a la automatización de grandes edificios (hoteles, museos, oficinas, bancos, etc.).En este tipo de inmuebles se suele dar mayor relevancia a la seguridad y a la gestión eficiente de la energía que a otros servicios, como el confort y las comunicaciones.

1.1.1.4 Edificio Digital

También llamado hogar digital, es un referente que se está empleando con frecuencia en la actualidad como idea de lo que puede ser el hogar del futuro próximo. Su objetivo es la implementación de los servicios de entretenimiento, comunicaciones, administración digital del hogar y de infraestructuras como un conjunto en cooperación por medio de las redes de telecomunicaciones de alta velocidad (Ver Figura 1).

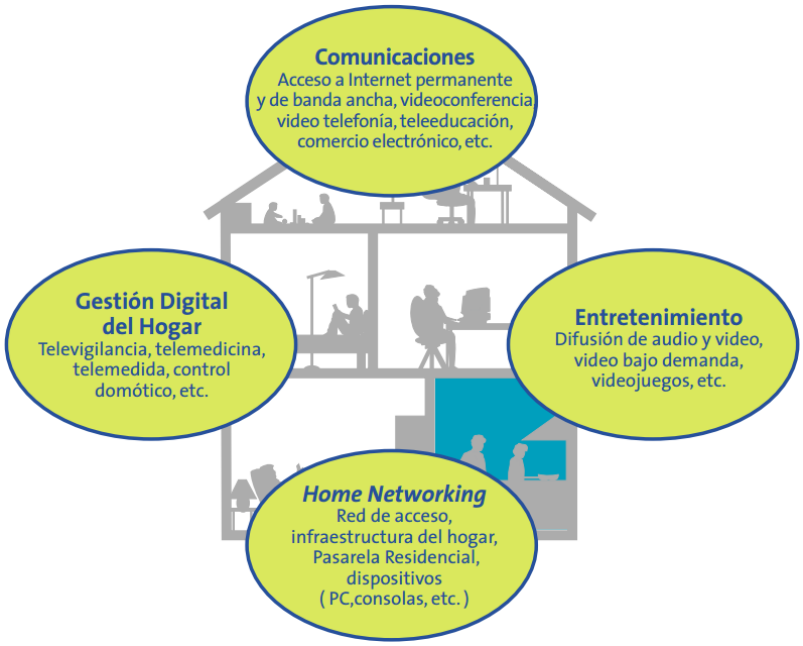


Figura 1. Ámbitos del Hogar Digital.

***Fuente**: Telefónica España. (2003). Libro Blanco del Hogar Digital y las ICTs. España: [s.n].*

1.1.1.5 Edificio Inteligente

Un edificio inteligente se podría entender por el principio de una infraestructura domotizada a la que se le incorpora inteligencia artificial para simplificar el mantenimiento, hacerlo tolerante a fallas, etc. Sin embargo el término inteligente es muy pretencioso y abarca diversos aspectos que pueden no intervenir en un edificio, como la interacción con el usuario (ambiente inteligente), la interacción con el medio ambiente (edificio sostenible y ecológico), etc. Por lo tanto, un edificio inteligente debe partir del concepto de un edificio domótico o inmótico, que además presente alguna característica que se pueda considerar como inteligente,

por ejemplo: el manejo inteligente de la información, la integración con el medio ambiente, la facilidad de la interacción con los habitantes, anticiparse a sus necesidades, etc. Por lo cual se consideran tres aspectos en este concepto: Inteligencia artificial, ambiente inteligente, medio ambiente (Ver Anexo E.2, E.3 y E.4 respectivamente).

1.1.2 APLICACIONES DE EJEMPLO

1.1.2.1 Plaza de toros de Navalcarnero (Madrid – España)

El centro de entretenimiento ha sido equipado con los productos de la empresa de automatización y fabricante ISDE Ing. S.L. basados en la plataforma de red LonWorks[1], mediante los cuales se implementó el sistema automático de control para iluminación y climatización. La solución genera un ahorro aproximado del 35% de energía a la vez que asegura la celebración de eventos sin depender de la climatología (Ver Figura 2).

Figura 2. Plaza de toros de Navalcarnero, Madrid-España.

***Fuente**: ISDE Ing. S.L. (19 de Marzo de 2008). Obtenido de http://www.construible.es/noticias/la-plaza-de-toros-de-navalcarnero-madrid-ahorrara.*

1.1.2.2 Casa Inteligente para discapacitados (San Fernando – España)

El proyecto de innovación tecnológica realizado por el Centro de Recuperación de Personas con discapacidad Física (CRMF) en una antigua vivienda de San

[1] LonWorks: diseñado por Echelon Corp, es una plataforma para la creación de redes de automatización de edificios u oficinas. *(Real Time Automation, Inc., 2009)*

Fernando en la provincia de Cádiz-España, permite una mejor calidad de vida para las personas discapacitadas que habitan esta casa debido al sistema de control electrónico integral de energía limpia con el que cuenta mediante placas de energía solar fotovoltaica (Ver Figura 3). Cuenta también con un control del encendido y apagado de las luces, control de electrodomésticos desde un punto central, gestión de persianas, toldos y puertas individualmente desde cada habitación o por temporización y control de alarmas técnicas. Todos los controles se pueden realizar también por voz y se indican mediante un sonido o luz de confirmación.

Figura 3. Panel Solar instalado en casa inteligente para discapacitados en San Fernando – España

***Fuente**: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. (2003). Casas Inteligentes, El Futuro Ya Está Aquí. MINUSVAL, 63-65.*

1.2 DESCRIPCIÓN DE SISTEMAS INTELIGENTES DE CONTROL Y SENSADO PARA APLICACIONES RESIDENCIALES

Un sistema inteligente de control y sensado es una plataforma en la que se coordina e integra eficazmente los mecanismos con el sistema de control para que la respuesta del sistema sea lo más similar al que realizaría un humano.

La búsqueda de coordinación e integración de sistemas no es nueva, comenzó con los sistemas embebidos que realizaban tareas puntuales pero estos se enfocaron en los elementos de cálculo y la transformación de los datos, en lugar

de priorizar los vínculos de comunicación y la interacción entre diversos equipos de control, sensores y actuadores finales.

Por lo cual, parte de diversos conceptos para poder materializar los fundamentos de un sistema inteligente, a fin de comprender el comportamiento de un sistema con la capacidad de tomar decisiones y actuar de manera autónoma.

1.2.1 CONTROL INTELIGENTE

Es el desarrollo de métodos de control para emular características importantes de la Inteligencia humana tales como:

- Adaptación
- Aprendizaje
- Tratamiento de grandes cantidades de datos
- Tratamiento de incertidumbre.

Estas características fundamentales vienen representadas por 3 propiedades:

- Adaptación y aprendizaje: Capacidad para adaptarse a condiciones cambiantes.
- Autonomía e inteligencia: Habilidad para actuar adecuadamente en un entorno.
- Estructuras y jerarquías: Arquitectura funcional apropiada para afrontar problemas complejos.

El objetivo de este tipo de control está fundamentalmente orientado en diseñar sistemas de control automático (controladores) robustos, adaptables (con capacidad de aprendizaje de la experiencia y de la intervención humana), y autónomos.

Los principales controles por medio de los cuales se consigue un control inteligente son: Redes Neuronales Artificiales, Lógica Difusa, Computación Evolutiva, entre otros. (Ver Anexo E.6, E.7 y E.8 respectivamente para más detalles).

1.3 SISTEMATIZACIÓN

Los sistemas inteligentes de control y sensado en el Ecuador cuentan con una limitación: la tecnología de automatización es bastante reducida.

Edificios que se encuentran automatizados en nuestro entorno cuentan con un control muy simple, tanto luminarias como actuadores son sistemas totalmente diferenciados y cada uno cuenta con su control independiente, es decir, los eventos captados por un actuador no constituyen una retroalimentación directa para otro sistema (e. g., la apertura de una puerta, no actuará sobre las luminarias cercanas, sería necesario contar con sensores conectados directamente al circuito de las luminarias de tal manera que el encendido pueda actuar automáticamente).

Dentro de las zonas más influyentes de un edificio se encuentra el parqueadero, donde se debe apuntar el mayor control para generar comodidad y seguridad para los habitantes del edificio. Esta zona normalmente cuenta con un conjunto de luminarias que actúan independientemente ya sea mediante sensores con detección de movimiento o controles normales desde un interruptor simple. Además esta zona suele contar normalmente con un sistema mecánico de apertura para el acceso vehicular, dichos sistemas suelen ser automatizados por medio de un motor y estos controlados por medio de un control remoto o estático.

Los sistemas inteligentes de control y sensado permiten integrar una gran variedad de dispositivos de tal manera que aun cuando el sistema está en constante cambio debido al medio ambiente, las luminarias actúan de acuerdo al entorno.

De la misma manera el sistema puede comunicar a los usuarios sobre los diferentes eventos que puedan darse sobre sensores de alarmas técnicas (humo, inundación, etc.), médicas o de intrusión.

Es así como los sistemas inteligentes de control y sensado buscan integrar todos los dispositivos que siguen funcionando independientemente dando paso a que cada acción realizada por un actuador sea la condición de inicio de una secuencia

de actos para otro, permitiendo así que el usuario evite acciones rutinarias y que el sistema se encargue de dichos eventos.

Al encontrarse de esta manera todo el sistema integrado, el usuario será capaz de interactuar con los dispositivos o actuadores del edificio desde una sola plataforma presentada en una interfaz de fácil acceso y uso.

1.4 MARCO METODOLÓGICO

1.4.1 TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Para la elaboración de este proyecto se ha empleado un estudio exploratorio, dado que los sistemas inteligentes de control y sensado son un campo muy poco estudiado o desarrollado en el país y por lo cual se puede identificar la necesidad de los habitantes de edificios y casas de tener un hábitat de mayor confort, seguridad y que además genere un ahorro energético.

1.4.2 POBLACIÓN Y MUESTRA

La población aplicada para este proyecto son los habitantes y usuarios en el edificio, es decir, los dueños de los departamentos y arrendatarios de las oficinas.
Para la muestra se considera un grupo 11 usuarios entre dueños de departamentos y empleados de las oficinas, los cuales tienen diferentes habilidades en el manejo de sistemas tecnológicos. La muestra se dividirá en 5 niveles, (Ver Cuadro 1):

Cuadro 1. Grupo de usuarios por nivel según las habilidades en el manejo de sistemas tecnológicos.

USUARIO	NIVEL	
Silvia Enríquez Mónica Enríquez Alexandra Enríquez	1	BAJO
Kathy Enríquez Nathaly Sierra	2	MEDIO BAJO
Mirian Enríquez Fabian Oña	3	MEDIO
Luis Chamorro Paola Chamorro	4	MEDIO ALTO
Eduardo Enríquez Christian Oña	5	ALTO

1.4.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

En el Cuadro 2 se definen las variables que intervendrán en el proceso de investigación, su definición conceptual, la definición operacional con la cual se presenta el área sobre la que tendrá efecto en el estudio, las dimensiones y los indicadores por medio de los cuales dichas variables podrán ser medidas de acuerdo a la necesidad de los requerimientos.

Cuadro 2. Operación de Variables.

TABLA DE OPERACIÓN DE VARIABLES				
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
CONFORT	Todo aquello que brinda comodidades y genera bienestar al usuario	Generación de bienestar y comodidad para el usuario	- Control de actuadores en forma remota	- % de confort al activar o desactivar un actuador remotamente (focos, alarma, televisión, etc.)
			- Personalizado de luces según actividad a realizarse	% de bienestar en la percepción de la iluminación
SEGURIDAD	Ausencia de riesgo o estado de bienestar que percibe y disfruta el ser humano	Percepción de bienestar o ausencia de riesgo	- Apertura de puerta del estacionamiento	% de riesgo evitado al bajar del auto para abrir la puerta del estacionamiento
			- Detección de alarmas técnicas y médicas	% de fiabilidad en la detección de alarmas en tiempo real
			- Visualización de cámaras del edificio remotamente	% de fiabilidad de visualización en tiempo real
AHORRO ENERGÉTICO	Optimización del consumo energético con el objetivo final de disminuir el uso de energía	Reducción del consumo de energía	- Temporizado de encendido de luces	Tiempo de encendido automático
			- Encendido de acuerdo al nivel de iluminación en el entorno	% del umbral mínimo para encendido

1.4.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la obtención de la información necesaria en el edificio, se emplea la encuesta en sus dos modalidades (entrevista y cuestionario).

- Entrevista: Es la comunicación establecida entre el investigador y el sujeto de estudio a fin de obtener respuestas verbales a las interrogantes planteadas sobre el problema propuesto.
- Cuestionario: Este método consiste en obtener información de los sujetos de estudio, proporcionada por ellos mismos, sobre opiniones, actitudes o sugerencias.

Se utilizarán estos métodos de tal manera que se pueda analizar el grado de satisfacción del usuario sobre las variables presentadas en el Cuadro 2, de acuerdo al grado de cumplimiento de los indicadores se establece el nivel de complacencia del proyecto para el usuario.

1.4.5 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

Para el análisis de los datos se procederá a diseñar, en una hoja de cálculo, una matriz donde se tabula los datos obtenidos a partir de las encuestas, ubicando en la parte superior la variable a tratarse y en la parte inferior a dicho encabezado la descripción de la información recolectada. Se resaltará los resultados de tal manera que puedan ser comprensibles al próximo investigador o lector.

1.4.6 VALIDACIÓN Y CONFIABILIDAD

Los indicadores recolectados permiten establecer el grado de satisfacción del usuario, de acuerdo a las conclusiones alcanzadas después del procesamiento y análisis de datos, permitirán conocer el nivel de aceptación del proyecto y si cumple con las expectativas propuestas en la tesis, por ello la necesidad de la muestra tomada y su división por grupos. Así se podrá validar que todos los grupos dispongan el conocimiento sobre el uso del sistema y que cada usuario pueda interactuar con él.

1.5 MARCO LÓGICO

Con la finalidad de planificar la solución al tema expuesto de este proyecto se aplica la metodología del marco lógico, en la cual se elabora la matriz correspondiente (Ver Cuadro 3), la cual permite identificar el fin del proyecto y a través de éste, desarrollar los propósitos y los componentes que llevarán al objetivo propuesto.

Los indicadores ayudarán a evaluar el cumplimiento de las necesidades planteadas y los supuestos permitirán contemplar un tiempo más ajustado a la realidad al elaborar un del plan de acción en el caso fortuito de inconvenientes en el desarrollo del proyecto.

Cuadro 3. Matriz de Marco Lógico.

MATRIZ DE MARCO LÓGICO

	FIN	INDICADORES	SUPUESTOS	VERIFICADORES
1	Diseño y construcción de un sistema inteligente de sensado y control para aplicaciones residenciales. Caso: Edificio Shalom	Sistema implementado	Falta de presupuesto para la implementación	Evaluación externa del proyecto
	PROPÓSITO	**INDICADORES**	**SUPUESTOS**	**VERIFICADORES**
1	Sistemas inteligentes de control y sensado estudiados	Conocimiento Adquirido	Poca información para investigación	Teoría aplicada al momento de implementar el proyecto.
2	Sistemas físicos seleccionados y automatizados	Puerta de acceso vehicular y de acceso principal automatizadas	Los equipos que permiten la automatización no se dispongan en el mercado	Apertura automática de puerta de estacionamiento y control sobre las puertas principales de acceso
3	Actuadores finales controlados electrónicamente	Lámparas, cerraduras, motor, sistemas de seguridad, entre otros, controlados	Dificultad con las instalaciones eléctricas	Accionamiento de actuadores finales
4	Equipos controlados intercomunicados	Actuadores finales integrados a la plataforma de control	Interferencia de comunicación por la distancia y paredes del edificio	Accionamiento de actuadores finales de desde plataforma de control
5	Red de cableado eléctrico necesaria implementada	Dispositivos de control operativos	Espacio reducido en los ductos de cableado eléctrico	Actuadores finales en funcionamiento
6	Plataforma de fácil uso para sistema (HMI) configurada	Encuesta realizada a los usuarios	Falta de información para obtener un resultado claro	Resultados positivos de la evaluación
	COMPONENTES	**INDICADORES**	**SUPUESTOS**	**VERIFICADORES**
1	Estudios preliminares sobre los sistemas inteligentes de control y sensado para aplicaciones residenciales	Conocimiento Adquirido	Poca información para investigación	Teoría aplicada al momento de implementar el proyecto.
2	Sistemas Mecánicos implementados	Funcionalidad correcta de cerraduras para puertas principales y sistema de apertura para puerta de acceso vehicular	Falla de apertura de los sistemas mecánicos	Acceso a estacionamiento y edificio
3	Sistemas de control electrónico implementados	Lámparas, cerraduras, motor, sistemas de seguridad, entre otros, controlados	Dificultad con las instalaciones eléctricas	Accionamiento de actuadores finales
4	Sistemas de comunicación configurados	Actuadores finales integrados a la plataforma de control	Interferencia de comunicación por la distancia y paredes del edificio	Accionamiento de actuadores finales de desde plataforma de control
5	Sistema eléctrico y de red implementado	Dispositivos de control operativos	Espacio reducido en los ductos de cableado eléctrico	Actuadores finales en funcionamiento
6	Interfaz de control (HMI) configurada	Actuadores finales controlados desde dispositivos móviles con internet	No se disponga conexión a internet	Accionamiento de lámparas, cerraduras, motor, entre otros, desde un dispositivo móvil con acceso a internet

En el Cuadro 4 se muestra las actividades de la matriz de marco lógico en donde se elabora el plan de acción a través del cual se cumple la finalidad de cada componente y como consecuencia: los propósitos y el fin del proyecto.

Cuadro 4. Actividades – Matriz de Marco Lógico.

ACTIVIDADES - MATRIZ DE MARCO LÓGICO

1.1	Investigar sobre la evolución de las tecnologías de la automatización de edificios inteligentes
1.2	Conocer cómo se integran los sistemas electrónicos y físicos a través de los sistemas de control inteligentes
1.3	Investigar los medios de comunicación que emplean sistemas inteligentes de control y sensado
1.4	Investigar las áreas de implementación de los sistemas inteligentes de control

2.1	Análisis del entorno físico actual
2.2	Definir sistemas físicos a automatizarse
2.3	Recopilar información sobre el funcionamiento de mecanismos propuestos a controlarse
2.4	Concretar el método de automatización para los sistemas físicos definidos.
2.5	Análisis de alternativas mediante métodos de ponderación para definir el mejor mecanismo de transmisión de movimiento para el acceso al estacionamiento Shalom.
2.6	Analizar los mecanismos de transmisión de movimiento para generar una respuesta eficiente al sistema de apertura
2.7	Seleccionar la mejor alternativa para el mecanismo de transmisión de movimiento de la puerta de acceso.
2.8	Acoplamiento y puesta en marcha del mecanismo con la puerta
2.9	Analizar el consumo energético actual del edificio a través de la recolección cronológica de planillas de uso eléctrico
2.10	Implementar un sistema capaz de controlar inteligentemente el consumo energético

3.1	Identificar los equipos e instrumentos actualmente instalados
3.2	Tecnificar los sistemas inteligentes de sensado y control
3.3	Analizar los sistemas de control adecuados para los sistemas físico-mecánicos a automatizarse
3.4	Acoplar los sistemas de control con los sistemas mecánicos a automatizarse
3.5	Diseñar, desarrollar y modelar algoritmos de inteligencia artificial para el control inteligente de sensado
3.6	Calibrar los sistemas de control electrónico para su óptimo rendimiento
3.7	Poner en marcha los sistemas de control con los sistemas mecánico-físicos para su etapa de prueba

4.1	Configurar sistemas confiables de comunicación
4.2	Configurar sistemas seguros para control a distancia
4.3	Verificar la arquitectura de comunicación que ocuparán los sistemas de control electrónico con sistemas mecánicos
4.4	Configurar la plataforma de control para los sistemas físicos seleccionados

5.1	Corroborar el buen estado del cableado eléctrico
5.2	Verificar correcta conexión del cableado (fase y neutro) hacia los interruptores de control de luminarias
5.3	Implementar los equipos de control para los interruptores de luminarias
5.4	Configurar el sistema de comunicación para los sistemas de control
5.5	Realizar la conexión eléctrica, electrónica y de comunicación dispuesta para la etapa de prueba
5.6	Calibrar las conexiones alámbricas para obtener el correcto funcionamiento del sistema
5.7	Calibrar las conexiones inalámbricas de control y monitoreo

6.1	Investigar la forma óptima para comunicar sistemas de control con sistemas informáticos
6.2	Implementar una interfaz de control simple para control del usuario final
6.3	Implementar plataforma web para soporte de interfaz de control
6.4	Realizar pruebas sobre la interacción vía web con los sistemas físicos y mecánicos

CAPÍTULO 2. ESTADO ACTUAL, DESARROLLO Y PROYECCIÓN DEL SISTEMA

2.1 RETOS DE INVESTIGACIÓN

Este proyecto surge de la necesidad de innovar un edificio que tiene 20 años de construcción. La automatización de hogares o edificios no se desarrollaba en Ecuador y se vuelve necesario llevarlos hacia un modelo inteligente, porque su estructura física, civil y arquitectónica no fue diseñada para este tipo de tecnologías.

El cableado eléctrico se encuentra saturado, es decir, el espacio con el que cuentan tanto ductos como tuberías es inaccesible y ciertas tecnologías de automatización no pueden ser incluidas. Cablear nuevamente el edificio significaría un presupuesto muy alto y además de un proceso largo de rediseño estructural y obra civil.

Una de los mayores limitantes es el presupuesto para rediseñar las instalaciones eléctricas del edificio, por lo que se busca una tecnología que permita interactuar con todo el entorno físico (interruptores, alarmas, accesos, etc.), de manera inalámbrica, evitando la mayor parte del impacto en cuanto a obra civil se refiere para aumentar el control y sensado.

El diseño inalámbrico para este edificio permitirá mayor eficiencia en la comunicación de los equipos de sensado. Dichos equipos receptarán la información en tiempo real y los tiempos de respuesta, reacción y decisión serán los óptimos para el edificio y el usuario.

Uno de los retos que se presenta es el desarrollo de una plataforma o interfaz intuitiva y fácil de usar, de tal manera que el usuario pueda controlar aquello que necesite de una manera sencilla. Por este mismo hecho, realizar esta interfaz por

medio de una plataforma web, tratará de brindar todas las bondades para el usuario.

- Interfaz atractiva
- Menú intuitivo
- Íconos interactivos
- Íconos manipulables
- Interacción directa con el elemento físico
- Tiempo real entre la interfaz y la acción realizada al elemento
- Visualización sobre los estados de los elementos finales

Esta interfaz deberá ser una herramienta agradable al usuario porque constituirá el instrumento principal para interactuar con su casa u oficina.

Otro reto propuesto es la organización del parqueadero, que no dispone de plazas adecuadas para la cantidad de habitantes. Los parqueaderos se encuentran ocupados y suelen generarse conflictos por interrumpir el paso de un vehículo con otro, es por esto que el sistema será capaz de darle una facilidad a la organización del parqueo así como el confort necesario para el uso del mismo.

Manipular alarmas o controles de una manera remota o inalámbrica, representa un gran desafío (incluso toda la implementación del sistema) debido a que el sistema inalámbrico se ve perturbado por largas distancias u obstáculos de señal (paredes, lugares cerrados, etc.) además por equipos que se encuentren en la misma frecuencia o banda de comunicación.

Un reto más es el ahorro económico versus el índice de ahorro energético (valor porcentual estimado a ahorrar) debido a que el control efectivo sobre el consumo se realizará sobre la iluminación (bombillas incandescentes o fluorescentes), y de éstas sólo las de mayor impacto o uso.

El control se realizará sólo sobre iluminación y no sobre enchufes o toma corrientes debido a que un apagado automático sobre tomas de alimentación eléctrica, podría causar daños sobre las fuentes de alimentación o circuitos

electrónicos de ciertos artefactos (posibles daños irreparables o de costosa reparación). Un ejemplo claro es el refrigerador, el cual ya tiene integrada una función de ahorro que le permite disminuir el consumo de energía con el uso intermitente del compresor; si se genera un apagado intempestivo por control de consumo podría verse afectado el proceso normal de un equipo electrónico y posteriormente podría desatar un daño crítico.

Para cuantificar económicamente el consumo energético versus el índice porcentual de ahorro, en la Tabla 1, se presenta un análisis en un escenario ficticio, efectuando un 25% de ahorro considerando dos tipos de luminarias: incandescentes de 100 W y ahorradores de 32 W. Según datos de la Empresa Eléctrica de Quito (2013), se aplica una tarifa de 6,9 centavos de dólar por 1 kWh (0.069 USD/kWh).

Además, para este supuesto, se considera un número mayor de las luminarias, es decir, no solo se considera las de mayor uso o impacto, sino todas las que son posibles instalar en un departamento básico para una familia de 5 integrantes.

Tabla 1. Análisis comparativo entre el consumo con focos ahorradores y focos incandescentes aplicando el 25% de ahorro energético.

	# de elementos	Potencia (W)	Horas de funcionamiento	Consumo (kWh) por día	Consumo (kWh) por mes	Consumo total mes (kWh)	Mayor ahorro teórico (25%) (kWh)	Valor Subsidiado por kWh ($)	Ahorro económico con el 25% ($)
GENERAL									
Focos Ahorradores **32W**	15	32	7	0,22	6,72	100,8	25,2	6,96	1,74
Focos Incandescentes **100W**	15	100	7	0,70	21,00	315	78,75	21,74	5,43
ESPECÍFICO (DEP. BASE)									
Focos Ahorradores 32W									
SALA	4	32	5	0,16	4,80	19,2	4,8	1,32	0,33
COCINA	2	32	4	0,13	3,84	7,68	1,92	0,53	0,13
DORMITORIOS	5	32	7	0,22	6,72	33,6	8,4	2,32	0,58
BAÑOS	2	32	3	0,10	2,88	5,76	1,44	0,40	0,10
CORREDORES	2	32	4	0,13	3,84	7,68	1,92	0,53	0,13
TOTAL	15	160	23	0,74	22,08	73,92	18,48	5,10	1,28
Focos Incandescentes 100W									
SALA	4	100	5	0,50	15,00	60	15	4,14	1,04
COCINA	2	100	4	0,40	12,00	24	6	1,66	0,41
DORMITORIOS	5	100	7	0,70	21,00	105	26,25	7,25	1,81
BAÑOS	2	100	3	0,30	9,00	18	4,5	1,24	0,31
CORREDORES	2	100	4	0,40	12,00	24	6	1,66	0,41
TOTAL	15	500	23	2,30	69,00	231	57,75	15,94	3,98
GRADAS									
Focos Ahorradores 32W									
Zona con Sensor	1	32	3	0,10	2,88	2,88	0,72	0,20	0,05
Zona sin Sensor	4	32	3	0,10	2,88	11,52	2,88	0,79	0,20
TOTAL	5	64	6	0,19	5,76	14,4	3,6	0,99	0,25
Focos Incandescentes 100W									
Zona con Sensor	1	100	8	0,80	24,00	24	6	1,66	0,41
Zona sin Sensor	4	100	7	0,70	21,00	84	21	5,80	1,45
TOTAL	5	200	15	1,5	45	108	27	7,45	1,86

Como se ve claramente, un ahorro optimista del 25% no genera un mayor impacto económico debido al subsidio de energía existente en el Ecuador, sumado a esto la ideología que ya se lleva en este edificio por el ahorro energético utilizando focos fluorescentes de 32 W en lugar de focos incandescentes de 100 W y

además por el control aplicado sólo en las luminarias de mayor recurrencia, donde la eficiencia energética aumentaría integrando un modelo inteligente.

2.2 DISEÑO DEL SISTEMA

El diseño está orientado hacia el beneficio de los habitantes del edificio, tanto en consumo energético, seguridad, confort e innovación. Contará con la inteligencia para determinar las acciones que se deben tomar según los parámetros a controlar, conforme a esto se definirá las condiciones más efectivas en:

- Iluminación
- Seguridad
- Confort

El desafío en este diseño se presenta por los 20 años de construcción de la edificación, nunca se pensó en una implementación como la propuesta, para lo cual será necesario el uso de controladores para la nueva forma en que operará el edificio y sus actuadores finales (Ver Figura 4).

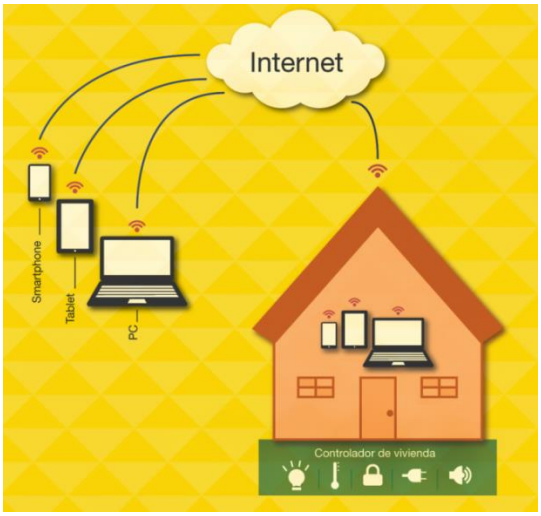


Figura 4. Interacción de controlador de vivienda.

***Fuente**: Adaptado de Arena Home Technology Integration S.A. (29 de Mayo de 2013). ARENA HOME. Obtenido de http://www.arenahome.es/soluciones-inalambricas.html*

Tanto ductos, como tuberías tienen limitación de espacio y aumentar cableado por los mismos presenta dificultades. Volver a cablear la red eléctrica del edificio

implicaría un gran costo en cuanto a obra civil refiere y además en materiales (cable, mangueras, tuberías, ductos, etc.), por lo que la presente propuesta y diseño evita en lo posible este tipo de gastos y disminuye el impacto de obra civil, donde se requerirá utilizar tecnología que permita una comunicación inalámbrica para el control de actuadores finales tomando en cuenta las limitaciones de cobertura por la estructura del edificio, en el caso de que se requiera una comunicación cableada, se tratará de generar el menor impacto posible.

2.2.1 ESTADO ACTUAL DE LA EDIFICACIÓN

El edificio Shalom ubicado en el Sector Centro Norte del Distrito Metropolitano de Quito en la parroquia Belisario Quevedo**,** se constituye por dos torres con cuatro pisos en cada una de ellas (Ver Figura 5), distribuida de la siguiente manera:

1. Torre A
    a. Dos pisos para oficinas.
    b. Dos pisos para vivienda.
2. Torre B
    a. Dos pisos para oficinas.
    b. Dos pisos para vivienda.
3. Estacionamiento
    a. Ocho puestos de estacionamiento fijos.
    b. Un puesto de estacionamiento temporal (representa un inconveniente porque impide el paso de menos 2 puestos fijos).

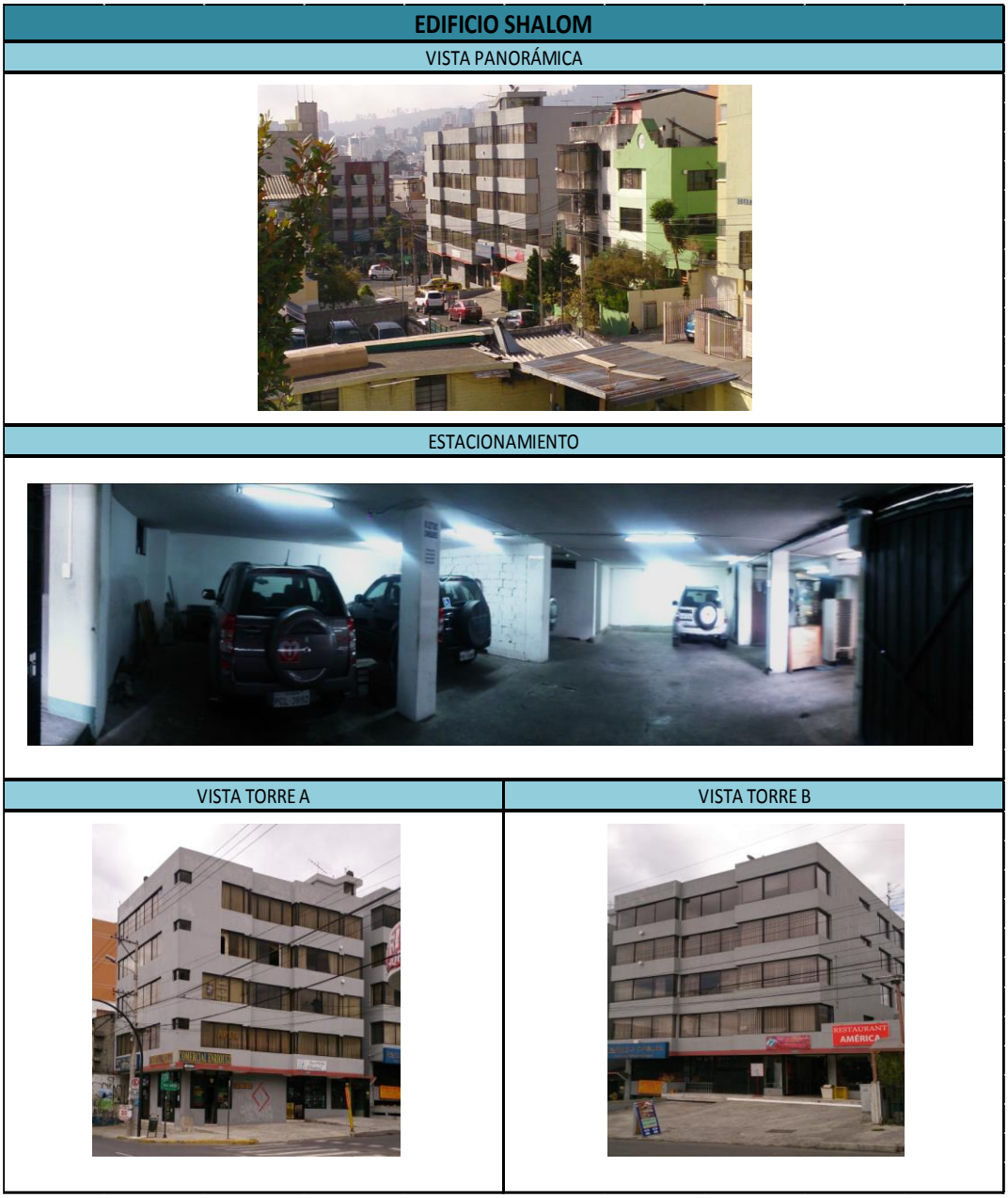


Figura 5. Edificio Shalom.

2.2.1.1 Estado actual del estacionamiento

Se encuentra en el subsuelo de la torre A del edificio Shalom y dispone de 192 m^2 de construcción. La disposición de la luminaria genera un ambiente adecuado para la correcta visualización de objetos y para el parqueo. Cuenta con once puntos de iluminación, para la zona de automóviles, controlados por tres interruptores, uno por cada circuito eléctrico (Ver Cuadro 5). El primer interruptor (s_a) y segundo interruptor (s_b), cerca del acceso peatonal, encienden seis lámparas

respectivamente (3 lámparas por circuito). El tercer interruptor (s_c) se encuentra en una viga, próximo a los lugares de parqueo seis (6) y siete (7), enciende cinco lámparas que producen una mayor claridad para esta área.

Cuadro 5. Distribución por circuito en las zonas controladas.

Circuito Eléctrico	Zonas controladas	# Lámparas
a	Lugar de parqueo 1 Lugar de parqueo 2	3
b	Lugar de parqueo 3 Bodega 1	3
c	Estacionamiento Temporal	5
	Lugar de parqueo 4	
	Lugar de parqueo 5	
	Lugar de parqueo 6	
	Lugar de parqueo 7	

El control de luminaria es de tipo manual, es decir si alguno de los circuitos queda encendido, el consumo será permanente. Analizando los escenarios (Ver Cuadro 6), el consumo mínimo sería de al menos tres lámparas o en el escenario de consumo máximo seria de once lámparas. Este consumo desmesurado y sin control genera un gasto excesivo en ciertas ocasiones para el edificio.

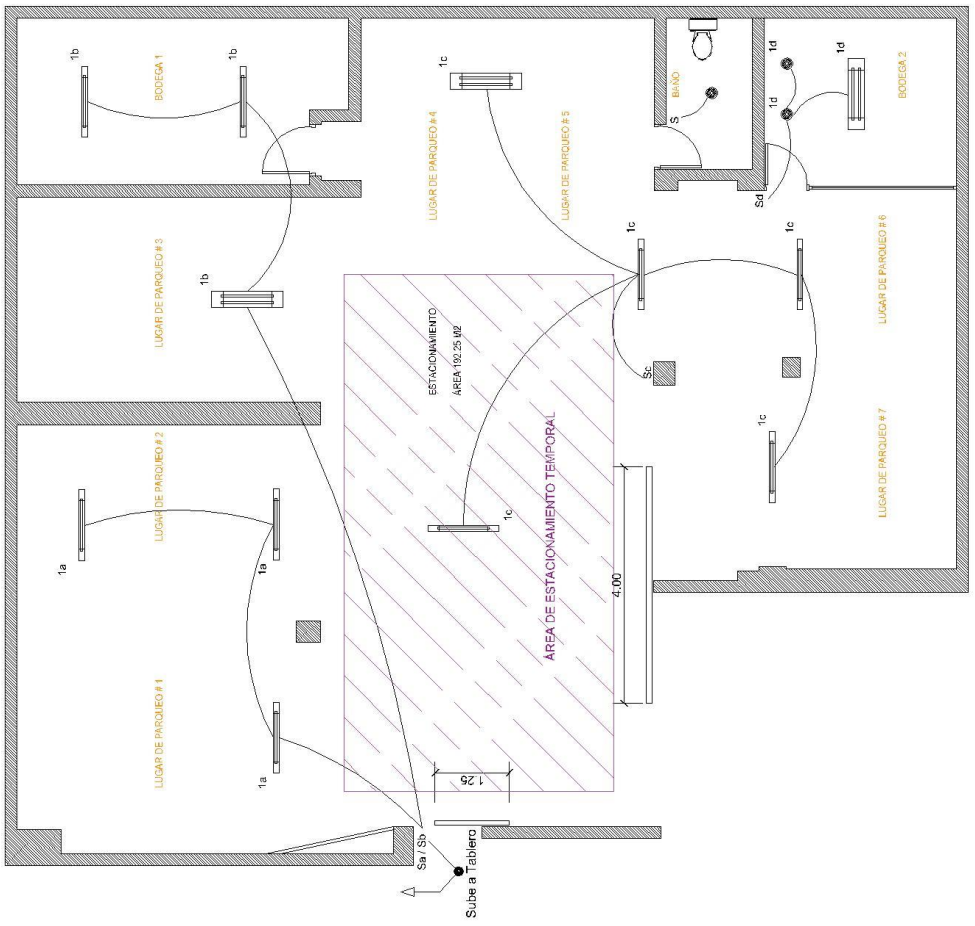
Cuadro 6. Escenarios de consumo eléctrico para estacionamiento.

ESCENARIOS DE CONSUMO	
Circuito Eléctrico Encendido	# Total de lámparas encendidas
a o b	3
c	5
(a y c) o (b y c)	8
a y b	6
a, b y c	11

La puerta de acceso vehicular no posee un control automático. Los usuarios deben recorrer toda el área de parqueo, hacia la puerta peatonal y retirar el candado para permitir la apertura.

El tiempo de espera en el proceso de apertura manual genera incomodidad y un inminente peligro para los usuarios quienes se exponen a la delincuencia. El único pulsador de pánico se encuentra en la puerta de ingreso al edificio, posición inadecuada por la distancia.

La Figura 6 muestra la distribución eléctrica y el espacio disponible en el estacionamiento.



SIMBOLOGíA	
SÍMBOLO	**DESCRIPCIÓN**
	Luminaria tipo Incandescente de 1x100 w.
	Luminaria tipo Fluorescente 1x40 w.
	Luminaria tipo Fluorescente 2x40 w.

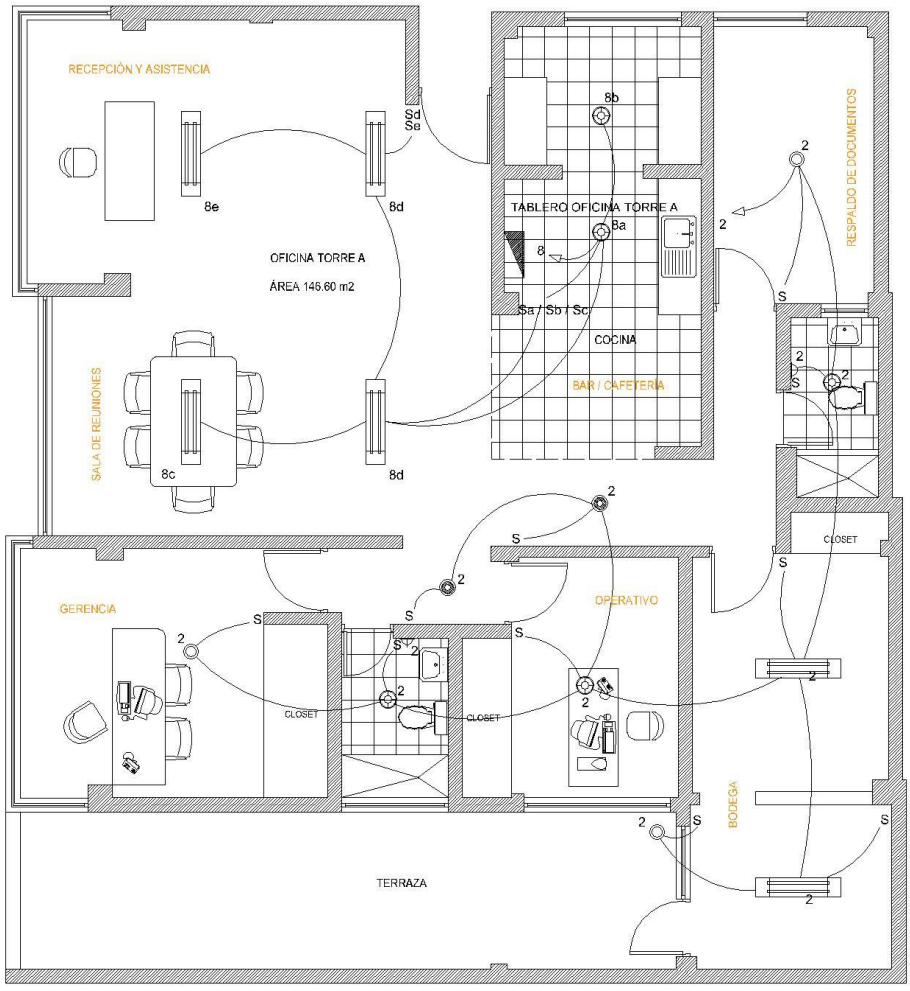
NOTA: Todas las Tuberías son 1/2" si no se especifica lo contrario
Se instalará tubería EMT cuando va fundido en losa o sobrepuesta
Tuberías exteriores son Manguera negra de Polietileno Reforzada.

Figura 6. Estacionamiento Edificio Shalom.

2.2.1.2 Estado actual oficina torre A

La oficina se encuentra en la primera planta, con un área de construcción de 146m^2 y cuenta con dos baños y siete zonas distribuidas de la siguiente manera (Ver Figura 7):

1. Oficina Gerencia
2. Oficina Operativa
3. Bodega
4. Archivador y respaldo de documentos
5. Bar/cafetería
6. Sala de reuniones
7. Recepción y asistencia



SIMBOLOGíA

SÍMBOLO	DESCRIPCION
	Luminaria tipo Incandescente de 100 w.
	Luminaria tipo Fluorescente 1x60 w.
	Luminaria tipo Fluorescente 1x45 w.
	Luminaria tipo Fluorescente 2x40 w.

NOTA: Todas las Tuberías son 1/2" si no se especifica lo contrario
Se instalará tubería EMT cuando va fundido en losa o sobrepuesta
Tuberías exteriores son Manguera negra de Polietileno Reforzada.

Figura 7. Oficina Torre A Edificio Shalom.

En la Figura 7 se muestra las zonas de uso común: Bar/Cafetería, Sala de reuniones y recepción y asistencia, son las dos últimas donde se genera el mayor consumo eléctrico de la oficina.

La distribución del cableado eléctrico de la oficina tiene un interruptor cercano a la zona que controla, pero no cuenta con un control inteligente y autónomo. Una de las luces del pasillo se encuentra automatizada con un sensor de presencia, pero este control no cuenta con una inteligencia activa de gestión.

La oficina cuenta con un sistema de alarma por zonas, con control de sensores de presencia para las diferentes estancias y con sensores magnéticos para puertas y ventanas. Sin embargo ha sido víctima de intentos de robo. A pesar que cuenta con monitoreo por parte de una empresa de seguridad privada, la activación de la alarma no alerta en tiempo real a los usuarios del inmueble.

El área dispone de una terraza que es una zona un vulnerable, no cuenta con ninguna seguridad activa, la cual es un inconveniente porque el acceso a la bodega queda desprotegido afectando a la mayor parte de la inversión de la empresa.

2.2.1.3 Estado actual oficina torre B

La oficina se encuentra en la primera planta, con un área de construcción de 123m^2 y la distribución de esta oficina es diferente a la de la torre A, se divide en dos sub oficinas que comparten la puerta principal y el acceso a cada oficina es independiente (acceso A y acceso B). Tanto luz como seguridad responden a consumos y necesidades diferentes.

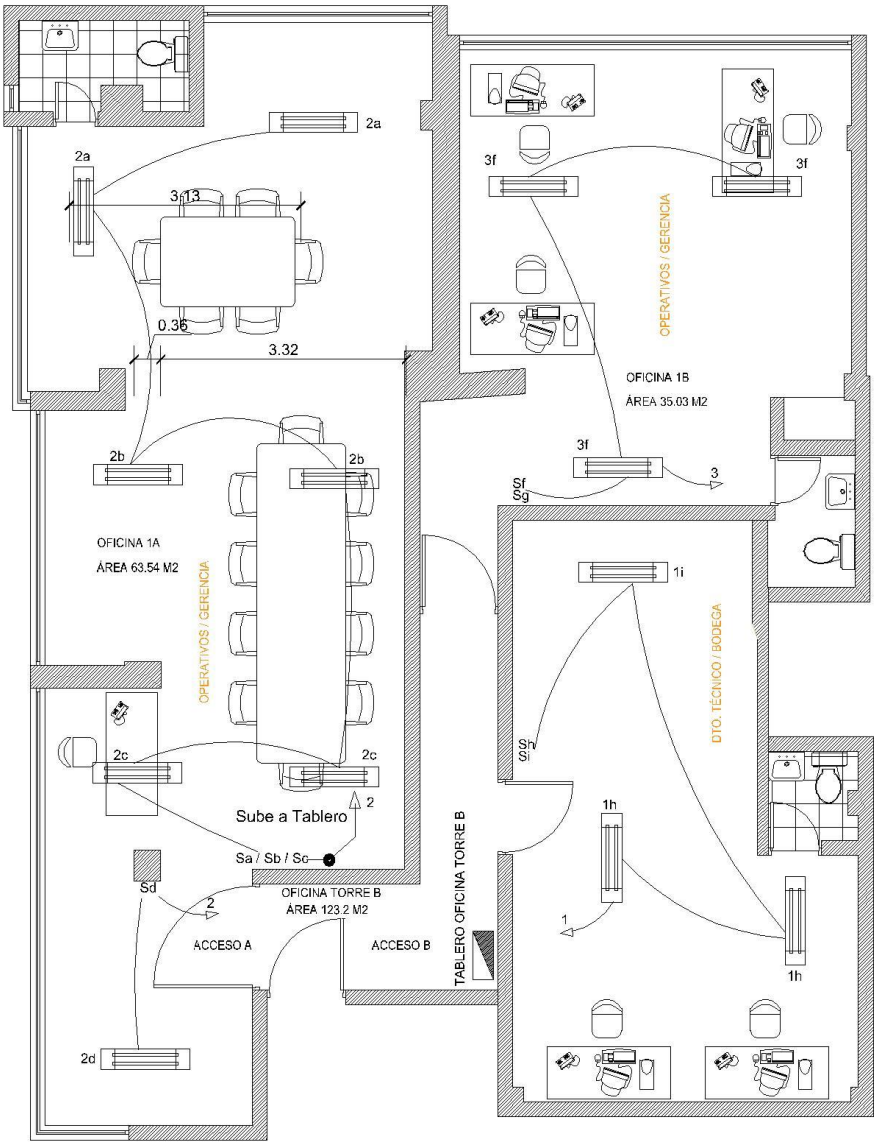
La distribución de los interruptores de las luminarias no es la adecuada pues se encuentran distantes en algunos puntos, lo que disminuye confort de los usuarios. Este hecho provoca que en ciertas ocasiones las luces queden encendidas

Esta oficina no dispone de ningún tipo de seguridad y por estar cercana a la planta baja, las ventanas se encuentran expuestas a cualquier acto delincuencial y no se

cuenta con ninguna herramienta para de alerta para persuadir este acontecimiento.

De igual forma, al tener una entrada común las dos oficinas se encuentran expuestas al ingreso de personal ajeno, generando peligro para el personal de cada empresa, estos no cuentan con una sirena de pánico en caso de algún incidente.

La Figura 8 muestra la distribución eléctrica y el espacio disponible en las oficina de la torre B (Oficina 1A y 1 B).



SIMBOLOGíA	
SÍMBOLO	**DESCRIPCIÓN**
	Luminaria tipo Fluorescente 2x40 w.

NOTA: Todas las Tuberías son 1/2" si no se especifica lo contrario
Se instalará tubería EMT cuando va fundido en losa o sobrepuesta
Tuberías exteriores son Manguera negra de Polietileno Reforzada.

Figura 8. Oficina Torre B Edificio Shalom.

2.2.1.4 Estado actual departamento torre A

El departamento se encuentra en la cuarta planta con un área de construcción de 116m^2 y cuenta con dos baños y siete zonas que se distribuyen de la siguiente manera (Ver Figura 9):

1. Dormitorio máster
2. Dormitorios estándar (Dormitorio 1)
3. Dormitorios estándar (Dormitorio 2)
4. Dormitorios estándar (Dormitorio 3)
5. Cocina
6. Comedor
7. Sala

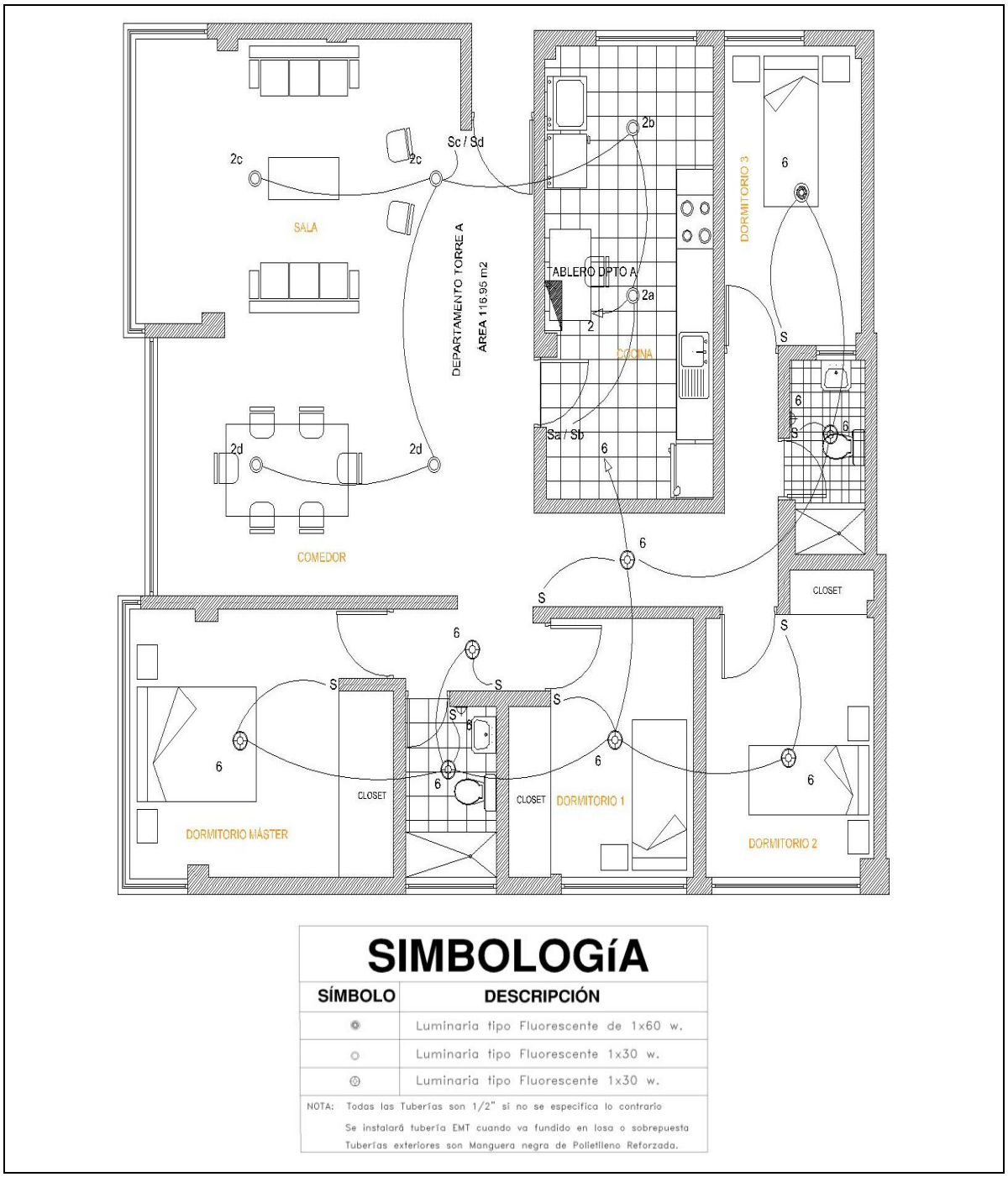


Figura 9. Departamento Torre A Edif. Shalom

Las zonas de uso común son: cocina, sala y comedor. La sala y comedor son las zonas donde se genera el mayor consumo eléctrico del departamento.

La distribución de interruptores de las luminarias del departamento se encuentra cercana a la zona que controla, pero no cuenta con un control externo. Esto

implica que si las zonas de mayor consumo quedan encendidas deben ser controladas desde su interruptor y no desde un punto remoto aumentando confort para los usuarios y así mismo generando ahorro para el consumo energético.

El departamento cuenta con un sistema de alarma por zonas, controlado por sensores magnéticos para puertas y ventanas y con sensores de presencia para las diferentes estancias. Sin embargo la seguridad ha sido vulnerada aun estando en los últimos pisos. Por más que este cuente con el monitoreo desde la empresa de seguridad, no alerta en tiempo real a los usuarios de la vivienda.

Las cerraduras tradicionales son bastante vulnerables y hoy en día se puede contar con mejores opciones en cuanto a seguridad se refiere.

2.2.1.5 Estado actual departamento torre B

El departamento se encuentra en la cuarta planta con un área de construcción de 131 m^2 y cuenta con dos baños y diez zonas que se distribuyen de la siguiente manera (Ver Figura 10):

1. Dormitorio máster
2. Dormitorios estándar (Dormitorio 1)
3. Dormitorios estándar (Dormitorio 2)
4. Dormitorios estándar (Dormitorio 3)
5. Cocina
6. Cuarto de Máquinas
7. Desayunador
8. Comedor
9. Sala
10. Estudio

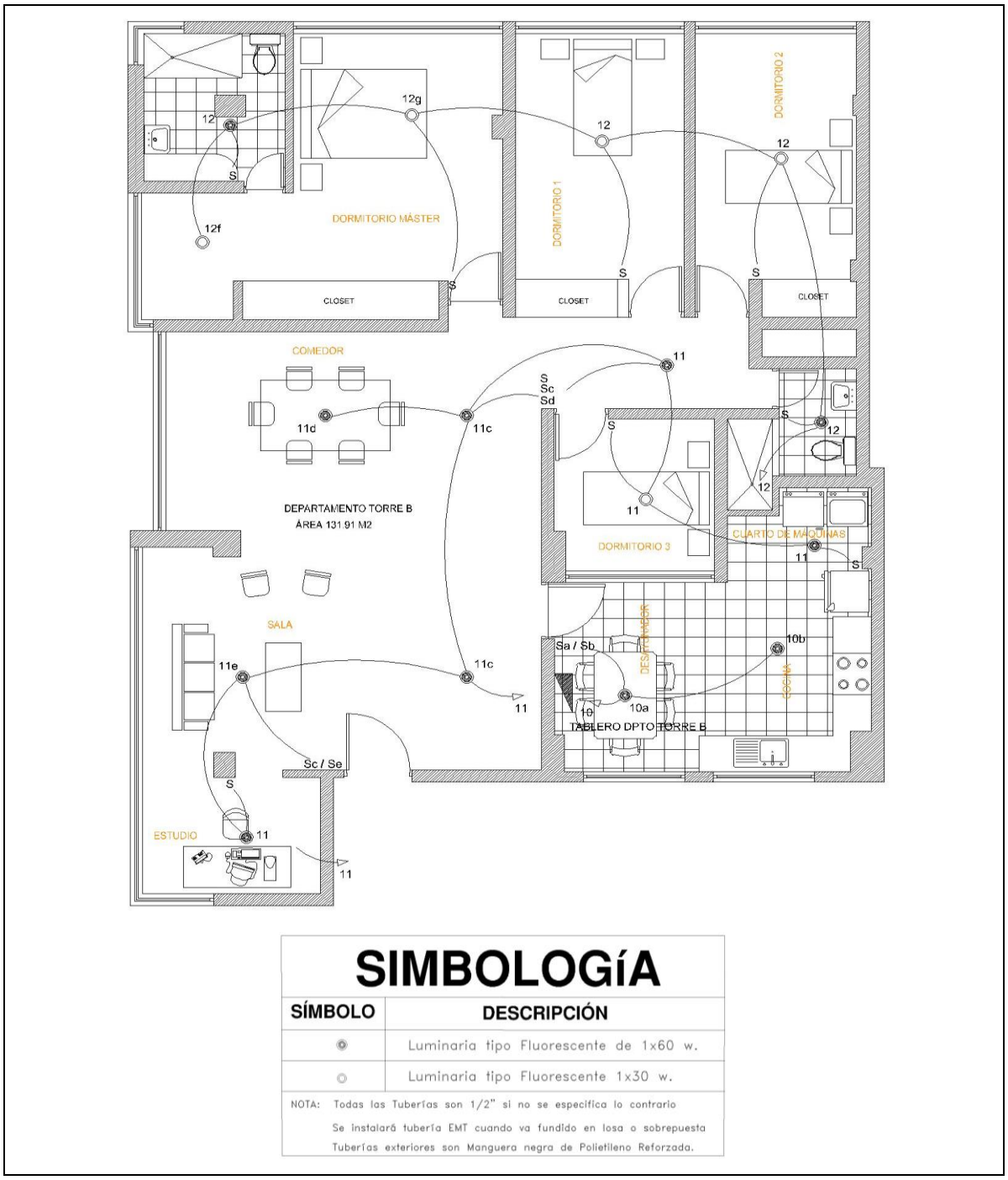


Figura 10. Departamento Torre B Edif. Shalom.

Las zonas de uso común son: La cocina, desayunador, sala y comedor, de las cuales sala, cocina y desayunador es donde se genera el mayor consumo eléctrico del departamento. (Ver Figura 10)

La distribución de los interruptores del departamento se encuentra de manera tal, que cada una está cerca del interruptor de la zona que controla. Un punto está instalado en forma de conmutador, el cual puede controlar las luces de sala y comedor desde la entrada del departamento y desde el pasillo que conduce a los dormitorios.

Debido a la inseguridad que presenta el sector donde está ubicado el edificio, el departamento cuenta con un sistema de alarma distribuido por zonas (sala, comedor, cocina, dormitorios, etc.) con el respaldo de una empresa de seguridad y monitoreo privada por lo que puede ser vigilado las 24 horas. El tiempo de respuesta de dicha empresa se ve limitado, además no cuenta con una alerta en tiempo real que permita a los dueños conocer si la alarma ha sido emitida o si alguna zona se encuentra activa cuando no debe estarlo.

Las cerraduras con las que cuenta para el acceso del departamento son vulnerables, por lo que un sistema de comunicación para conocer el estado de la cerradura (abierto/cerrado) permitirá obtener la primera alerta de cualquier irregularidad en el departamento en conjunto con el sistema de alarma.

2.2.1.6 Estado actual de gradas de acceso del edificio

El diseño del edificio, dispone de una serie de gradas compartidas entre la torre A y torre B para acceder a cada piso, tiene un descanso por cada cuatro gradas o tres escalones respectivamente, existe una bombilla por descanso (Ver Figura 11).

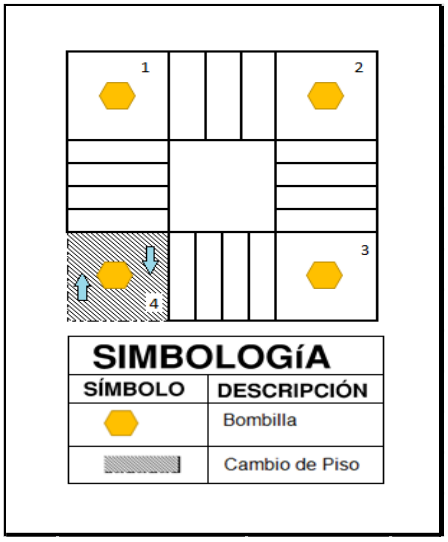


Figura 11. Gradas de acceso y salida.

Según esta disposición el edificio cuenta con 22 bombillas desde la planta baja hasta las terrazas. El control de estas bombillas se encuentra distribuido para el sector de las oficinas: Un interruptor de un pulsador en el descanso 1 y un interruptor de dos pulsadores en el descanso 3. Para la zona de departamentos sólo se dispone de un interruptor doble en el descanso 3.

El diseño original permitía controlar las luces de cada piso desde el interruptor doble del descanso 3, un interruptor controla la luz en el descanso 3 y el otro interruptor las luces de los descansos 1, 2 y 4.

Al construirse la nueva torre (Torre B) se independizó la luz del descanso 1 desde el pulsador en el mismo descanso distribuyendo el cableado eléctrico hacia el tablero de las oficinas de dicha torre. El control queda de la siguiente manera:

Zona Oficinas:

- Interruptor descanso 1 prende luz 1
- Interruptor descanso 3 encienden luces 2,3 y 4.

Zona Departamentos:

- Distribución original, pulsadores descanso 3 encienden luces 1, 2, 3 y 4.

- La zona de oficinas son las 2 primeras plantas de cada torre y la tercera y cuarta planta de cada torre corresponde a los departamentos.

2.2.2 INFORMACIÓN SOBRE LA PROYECCIÓN TECNOLÓGICA DEL EDIFICIO

2.2.2.1 Proyección futura parqueadero

El control lumínico requiere de un control inteligente capaz de identificar horarios (día y noche), para así generar el mayor ahorro energético posible pero a la vez generar el mayor confort posible. El control deberá incluir temporizadores para controlar el apagado automático de las luminarias.

Esta puerta no cuenta con un sistema automático de control, el cual será incluido en la proyección. De tal manera, que pueda interactuar con el sistema de control y sensado inteligente y será capaz de interactuar con las luminarias a través de sensores de luz y podrá reconocer si es de día o noche de acuerdo a esta información y de acuerdo a esto se encenderán las luces necesarias para el parqueo al momento de abrir la puerta.

De la misma manera se busca organizar los espacios en esta zona asignando un estacionamiento fijo por usuario, lo cual beneficiará a cada uno al momento de parquear. La asignación de lugares se establece debido al puesto de parqueo temporal, el cual suele generar conflicto con el parqueo de los diferentes usuarios. Cuando este lugar es utilizado y un puesto está libre genera mayores problemas debido a que se limitan los parqueaderos y es necesario mover los autos para organizarlos, generando molestia a los usuarios y disminuyendo el sentido de confort.

Se busca tener una visualización en tiempo real sobre los lugares de estacionamiento del parqueadero de tal manera que cada uno pueda controlar el estado de su sitio asignado. En el caso de que un lugar esté ocupado por otro auto que no corresponde, el usuario dispone de la información pertinente para notificar al dueño del vehículo mal estacionado.

Por otro lado la seguridad del parqueadero es bastante rústica y manual, por lo que se busca mediante el automatismo de la puerta generar seguridad para el usuario, de tal manera que pueda abrir la puerta de acceso vehicular remotamente para ingresar, con esto se evitará posibles atentados a la seguridad que pueden presentarse en el parqueo.

Todo este control previamente mencionado, se pretende ejecutarlo sobre una plataforma web para acceder desde cualquier lugar (dentro y fuera del edificio), de forma que la apertura de la puerta de ingreso, el estado de las luminarias y la información para la organización de parqueo puedan ser visualizadas desde cualquier dispositivo con acceso a internet.

2.2.2.2 Proyección futura oficina torre A

El control lumínico para esta oficina, se instalará en el área de recepción y asistencia y en la sala de reuniones (puntos de mayor consumo). Para este caso el control inteligente de luminarias dependerá de los escenarios (día / noche), en los cuales existirá un control diferente. Así se puede generar un consumo eficiente para esta zona.

Además se busca integrar la seguridad de esta oficina hacia el sistema inteligente de control y sensado, permitiendo el mando dentro o fuera del sitio mediante el cual podemos monitorear el estado de la alarma y activar o desactivar la misma en el caso de que el personal requiera entrar, así se evita que el personal disponga de una clave de acceso a la oficina con lo que se reduce el riesgo de un mal uso de esta información.

Así mismo, si por algún motivo la alarma queda desactivada, el sistema (de acuerdo a la hora y la actividad en la zona), captará si debe activar la alarma y generará la activación de seguridad en la oficina inmediatamente a través del control inteligente establecido.

Es fundamental este tipo de control, puesto que como ya se ha mencionado posee una terraza altamente vulnerable y las puertas de acceso pueden ser

corrompidas. Es ahí donde el sistema de alarma debe actuar y alertar sobre el peligro en el edificio a los propietarios del inmueble.

Se pretende incluirlo en la plataforma web de tal manera que el monitoreo sobre seguridad y estado de luminarias pueda ser de fácil acceso para los usuario con permisos de control administrativo desde cualquier dispositivo con acceso a internet.

2.2.2.3 Proyección futura oficina torre B

En esta oficina existe un entorno diferente al contar con 2 sub oficinas, para las cuales se establecen las necesidades de usuarios y las zonas comunes así como las seguridades que estos requieran.

El control lumínico para estas oficinas se establecerá para las dos estancias de la oficina B, el control inteligente de luminarias dependerá de los horarios (día / noche), de tal manera que para cada escenario exista un diferente control y reacción inteligente. Así se puede generar un consumo eficiente para cada una de las áreas.

Por otro lado se busca integrar la seguridad de esta oficina hacia el sistema inteligente de control y sensado. Así, cada uno de los estados pueda ser monitoreado y activado o desactivado remotamente dentro o fuera del sitio únicamente por los usuarios que dispongan de la credencial (usuario y contraseña) para acceder al sistema. En el caso que la alarma se encuentre desactivada el sistema (de acuerdo a la hora y a la activación de los sensores de presencia y magnéticos en ventanas), activará la seguridad inmediatamente.

Es fundamental este tipo de control puesto que las ventanas de esta oficina quedan directamente hacia la calle y son puntos ciegos para los usuarios en el edificio. El sistema de seguridad debe alertar sobre cualquier peligro, los usuarios podrán acceder a esta información y control a través de una plataforma web.

2.2.2.4 Proyección futura departamento torre A y departamento torre B

Son diferentes entornos a las oficinas por ende diferentes necesidades. Los habitantes de los departamentos buscan no sólo el ahorro, sino mayor confort y seguridad.

Las zonas comunes identificadas como la cocina, la sala y comedor serán el punto central de control. Las directivas de iluminación se generarán de acuerdo al ingreso y presencia, estas dos además dependerán del nivel de iluminación. Para el caso específico donde el nivel de luz sea bajo (noche, días nublados, etc.), las luminarias actuarán con el ingreso del usuario encendiendo automáticamente las lámparas, para el caso inverso el control no será necesario debido a la suficiencia de luz.

En cuanto a seguridad, se quiere integrar la alarma disponible en este departamento para monitorear los estados que ésta presente. Además de esto se requiere integrarla con el sistema de control para el ingreso al departamento, de tal manera que no sea necesario desarmar el sistema de alarma si el usuario dispone el acceso correcto al departamento, realizando todo el proceso en solo un paso, generando mayor confort y seguridad para los habitantes del departamento.

Además se pretende controlar la alarma dentro o fuera del sitio, permitiéndole al usuario monitorear el estado de su alarma (armada, desarmada o disparada) y le podrá desactivarla o activarla siempre y cuando se cuente con acceso a internet desde un dispositivo si la alarma quedó inactiva por cualquier situación.

La integración del sistema, permitirá la interacción de sensores y actuadores finales cumpliendo con ciertos objetivos de un hogar digital, por medio de la automatización y control inteligente. Con todo esto se generará escenarios controlados de acuerdo a las necesidades del usuario para cumplir sus expectativas de confort en su hogar (e. g., encendido tenue de luminarias para mirar la televisión, entre otros).

El control se presentará en una plataforma web simplificando la interacción entre el usuario y el sistema.

2.2.2.5 Proyección alarmas médicas y de pánico

Se pretende brindar a los usuarios una herramienta mediante la cual puedan alertar sobre emergencias médicas o de pánico emitiendo notificaciones para advertir a los usuarios.

La alarma médica está orientada hacia una persona con capacidades especiales y que pertenece a la tercera edad, quien al contar con esta herramienta podría notificar a los habitantes del edificio y su familia sobre posibles percances en su salud.

La alarma de pánico permitirá a los usuarios activar una sirena de emergencia sin tener que dirigirse hacia el interruptor o un punto físico puesto que se integrará a la plataforma web de control al igual que la alarma médica.

2.2.2.6 Proyección futura gradas de acceso

Se integrarán las 22 bombillas dispuestas en esta zona evitando el consumo energético innecesario de cada una de los circuitos que las controlan. El mando para estas será desde una estación remota de tal manera que todas se podrán encender o apagar desde un solo punto, manteniendo el control con el que cuenta actualmente para las funciones de encendido y apagado desde cada uno de los interruptores.

Estas luces serán capaces de actuar con sensores de presencia, los cuales se encenderán siguiendo la ruta del usuario en las gradas, brindándole claridad para trasladarse sin problema y sin preocuparse del encendido o apagado de los interruptores en cada piso.

2.3 ANÁLISIS ENERGÉTICO DEL ENTORNO ACTUAL

El edificio cuenta con 22 bombillas en las gradas y una media de diez bombillas en los departamentos, lo cual permite evidenciar la escala de consumo que genera y esto se refleja directamente en las planillas de cobro.

Se propone obtener un ahorro sobre los puntos de mayor concentración (puntos comunes), donde se puede generar un ahorro considerable para cada departamento, oficina y de igual manera para las gradas (zona de mayor consumo del edificio).

Si bien se ha generado una conciencia de ahorro, hay luminarias que permanecen encendidas durante la noche debido al uso innecesario (e. g., gradas, parqueadero, entre otras).

El análisis se realiza sobre un historial efectivo consumido durante un período de cuatro meses, lo que permite conocer el escenario para cada departamento u oficina cuyo valor es variable. En este análisis se considerará el consumo tanto de enchufes eléctricos como de bombillas (lo que entrega el consumo total presentado en la planilla de luz). El enfoque se realiza directamente hacia la iluminación para cada estancia, es decir, el ahorro se considera como un porcentaje gradual del consumo representado por las lámparas.

Para entender de forma general el uso de la energía se muestra en la Figura 12 la relación entre diferentes artefactos que se puede encontrar tanto en oficinas como en departamentos y su consumo en watts, donde se evidencia que la relación de consumo de energía de las lámparas (fluorescente o incandescente) es bastante reducida comparada con los demás artefactos.

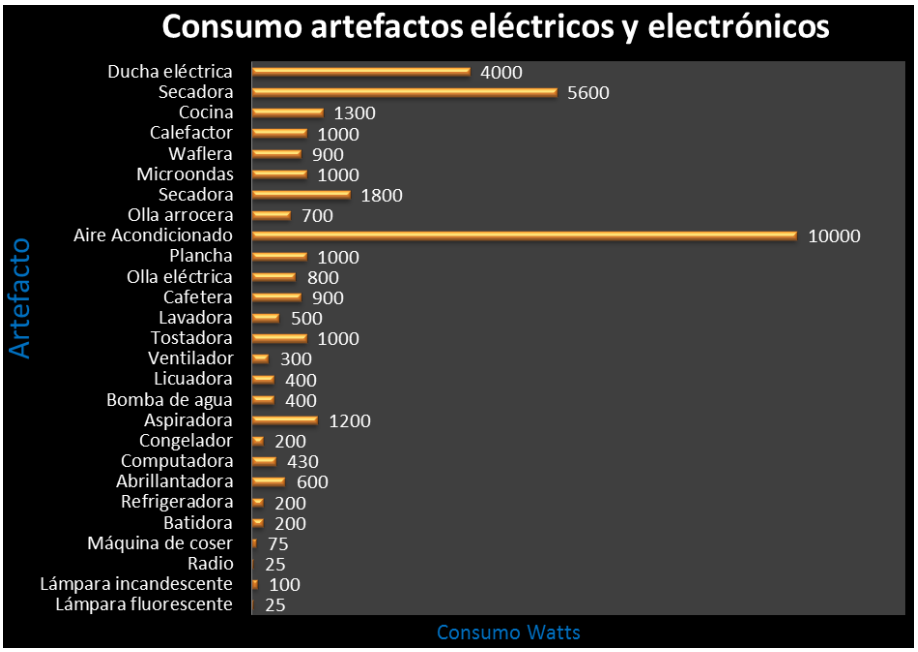


Figura 12. Consumo de energía de artefactos eléctricos y electrónicos.

2.3.1 ANÁLISIS CRONOLÓGICO SOBRE EL CONSUMO DEL EDIFICIO

En el siguiente análisis se pretende mostrar el consumo cronológico de energía eléctrica de cada oficina o departamento con una muestra de cuatro meses para obtener los valores promedio y definir, al finalizar el proyecto, el ahorro energético al implementar el control inteligente de las luminarias.

En el período de Junio a Octubre durante los cuatro tiempos de corte[2], se obtuvo los valores del consumo en las planillas eléctricas. La tablas en esta sección (Ver Tablas de la 2 a la 7) muestran la recolección simplificada de estos valores para el edificio.

El campo denominado “Anterior” indica el valor de la última medición de uso mientras que el campo “Actual” indica la cifra al momento de corte de energía eléctrica. El “Consumo” no es más que la resta del campo “Actual” y el campo “Anterior”; y, el campo “valor” es el factor de cobro previo a aplicarse impuestos.

En las Figuras de la 13 a la 18 en esta sección ilustran una comparativa de uso de cada mes en el período considerado.

[2] El tiempo de corte indica el período o lapso en el cual la Empresa Eléctrica recolecta los datos de los medidores y emiten la factura de cobro por consumo.

Tabla 2. Resumen lectura de planillas de consumo eléctrico Junio-Octubre 2013 Torre A, Oficina 1.

TORRE A - OFICINA 1						
LECTURAS						
Tiempo de Corte						
De	-	Hasta	Anterior	Actual	Consumo (kWh)	Valor (USD)
Junio	-	Julio	66951,00	67309,00	358	28,56
Julio	-	Agosto	67309,00	67587,00	278	21,44
Agosto	-	Septiembre	67587,00	67841,00	254	19,31
Septiembre	-	Octubre	67841,00	68085,00	244	18,43

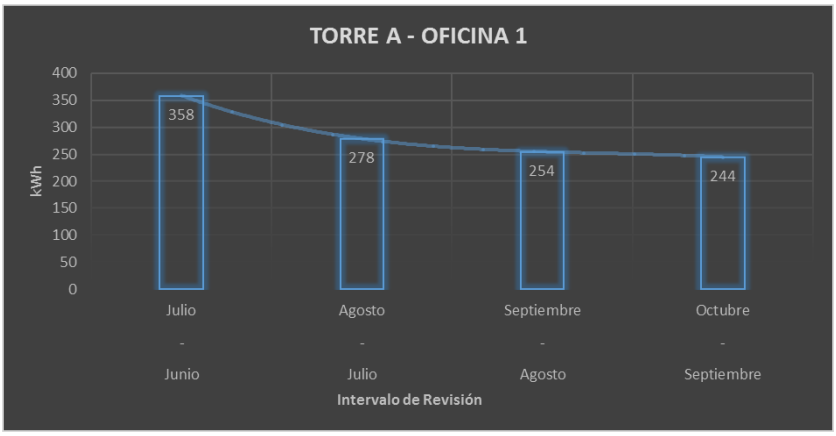


Figura 13. Análisis de consumo Torre A, Oficina 1.

Tabla 3. Resumen lectura de planillas de consumo eléctrico Junio-Octubre 2013 Torre A, Departamento 3.

TORRE A - DEPARTAMENTO 3						
LECTURAS						
Tiempo de Corte						
De		Hasta	Anterior	Actual	Consumo (kWh)	Valor (USD)
Junio	-	Julio	39649,00	39947,00	298	23,22
Julio	-	Agosto	39947,00	40134,00	187	13,56
Agosto	-	Septiembre	40134,00	40288,00	154	10,92
Septiembre	-	Octubre	40288,00	40451,00	163	11,64

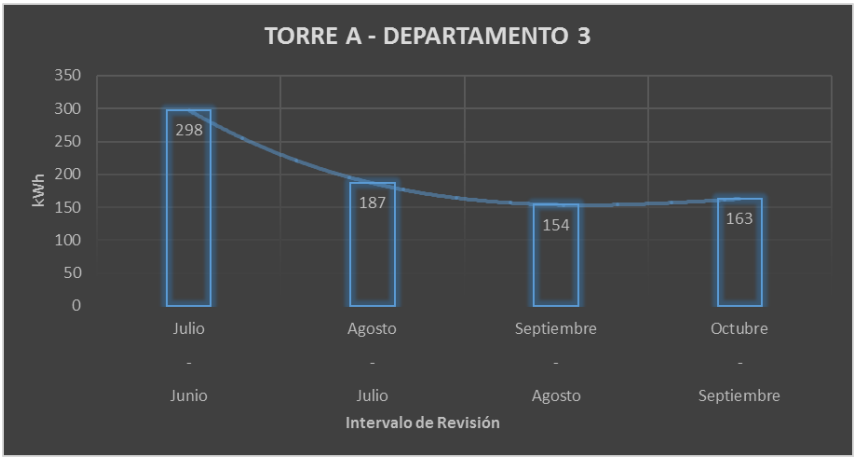


Figura 14. Análisis de consumo Torre A, Departamento 3.

Tabla 4. Resumen lectura de planillas de consumo eléctrico Junio-Octubre 2013 Torre A, Departamento 4.

TORRE A - DEPARTAMENTO 4						
LECTURAS						
Tiempo de Corte						
De		Hasta	Anterior	Actual	Consumo (kWh)	Valor (USD)
Junio	-	Julio	69186,00	69318,00	132	9,29
Julio	-	Agosto	69318,00	69589,00	271	20,82
Agosto	-	Septiembre	69589,00	69976,00	387	31,14
Septiembre	-	Octubre	69976,00	70312,00	336	26,60

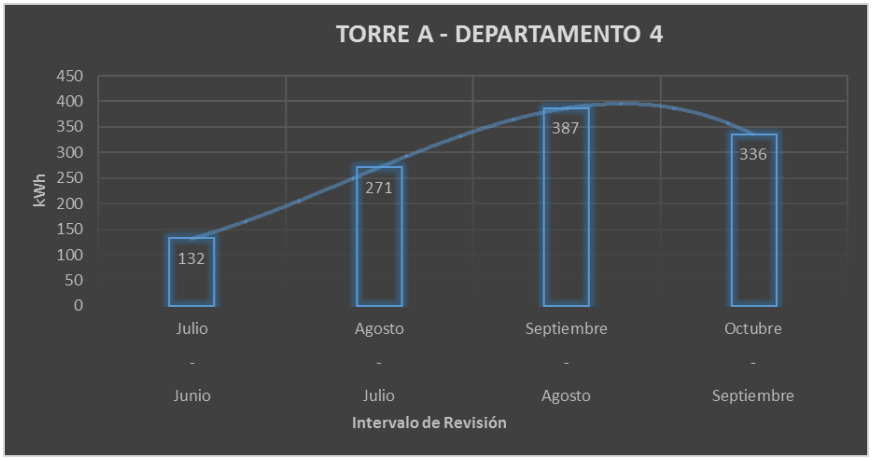


Figura 15. Análisis de consumo Torre A, Departamento 4.

Tabla 5. Resumen lectura de planillas de consumo eléctrico Junio-Octubre 2013 Torre B, Oficina 1B.

TORRE B -OFICINA 1B						
LECTURAS						
Tiempo de Corte						
De		Hasta	Anterior	Actual	Consumo (kWh)	Valor (USD)
Junio	-	Julio	16733,00	17037,00	304	23,76
Julio	-	Agosto	17037,00	17341,00	304	23,76
Agosto	-	Septiembre	17341,00	17600,00	259	19,75
Septiembre	-	Octubre	17600,00	17874,00	274	21,09

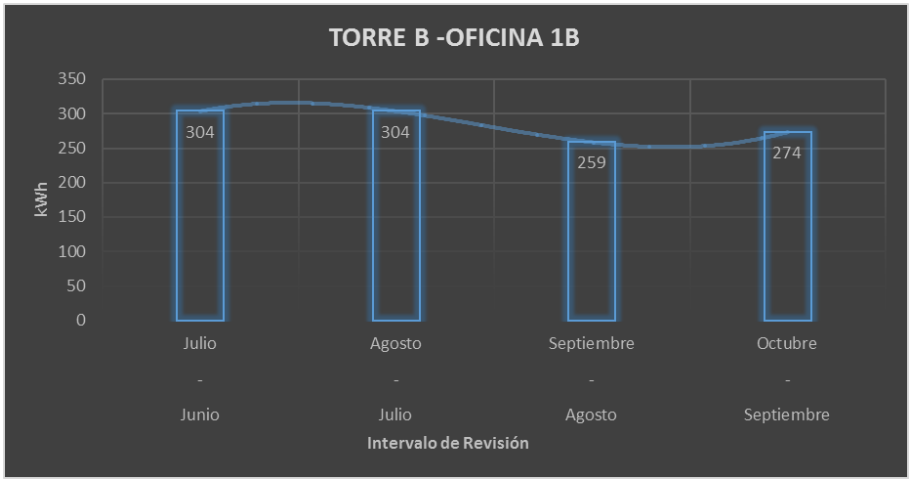


Figura 16. Análisis de consumo Torre B, Oficina 1B.

Tabla 6. Resumen lectura de planillas de consumo eléctrico Junio-Octubre 2013 Torre B, Departamento 3.

TORRE B - DEPARTAMENTO 3						
LECTURAS						
Tiempo de Corte						
De		Hasta	Anterior	Actual	Consumo (kWh)	Valor (USD)
Junio	-	Julio	46403,00	46608,00	205	15,04
Julio	-	Agosto	46608,00	46787,00	179	12,92
Agosto	-	Septiembre	46787,00	47004,00	217	16,08
Septiembre	-	Octubre	47004,00	47197,00	193	14,04

Figura 17. Análisis de consumo Torre B, Departamento 3.

Tabla 7. Resumen lectura de planillas de consumo eléctrico Junio-Octubre 2013 Torre B, Departamento 4.

TORRE B - DEPARTAMENTO 4						
LECTURAS						
Tiempo de Corte						
De		Hasta	Anterior	Actual	Consumo (kWh)	Valor (USD)
Junio	-	Julio	22712,00	22853,00	141	9,94
Julio	-	Agosto	22853,00	22993,00	140	9,87
Agosto	-	Septiembre	22993,00	23151,00	158	11,24
Septiembre	-	Octubre	23151,00	23292,00	141	9,94

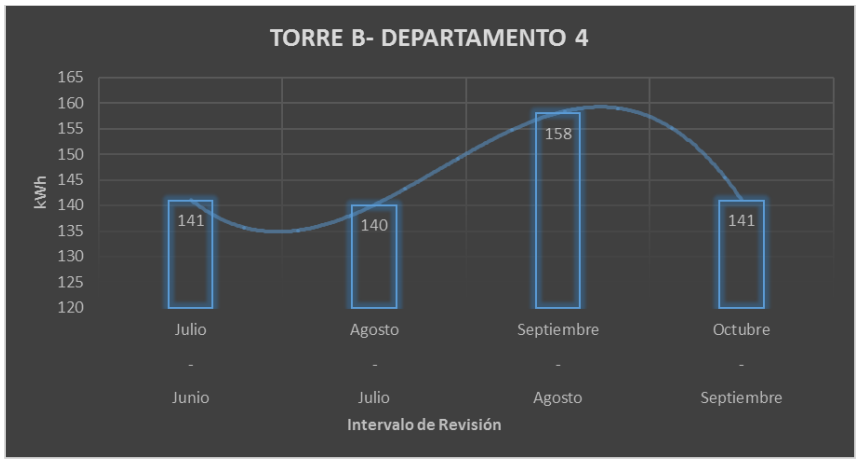


Figura 18. Análisis de consumo Torre B, Departamento 4.

Posterior a la recolección de datos sobre cada oficina y departamento en el edificio se puede determinar la relación de consumo energético, el cual indica mayor consumo en las oficinas donde el promedio aproximado es de 284 kWh, mientras que en los departamentos alrededor de 206 kWh.

Los consumos además indican que las variaciones de uso sobre el empleo de electricidad en las oficinas durante los cuatro meses de muestra es mínima a diferencia de los departamentos.

2.3.2 RELACIÓN DE CONSUMO EN ILUMINACIÓN FRENTE AL CONSUMO TOTAL

El estudio que se realiza en esta sección pretende demostrar el porcentaje pertinente a luminarias en cada uno de los departamentos y oficinas. Se

considera: el número de focos (bombillas) por estancia o zona, la potencia promedio que consume y un estimado del uso al día. Estos datos permiten obtener una aproximación del consumo al mes en iluminación.

El valor obtenido (total iluminación) permite realizar una comparación respecto al consumo total del mes. Con estos dos valores se puede calcular el porcentaje que representa el consumo lumínico ante el consumo total.

Se pretende demostrar que el consumo lumínico debe estar dentro del rango de 20% del consumo total, valor estimado según CIRCE (2012).

A continuación se detalla el uso promedio de iluminación en cada planta, recolectado según el número de focos y la potencia que consumen por zona.

Las diez zonas de la oficina 1 ubicada en la primera planta de la Torre A, tiene un total de dieciséis focos de diferente potencia lo cual permite calcular el consumo promedio lumínico al mes, por medio de la aproximación de horas usadas al día (Ver Tabla 8).

Tabla 8. Consumo lumínico promedio Torre A, Oficina 1.

TORRE A - OFICINA 1	# FOCOS	Potencia Prom. Foco (W)	Potencia Total (W)	Tiempo de uso (h)	Consumo (kWh) por día	Consumo (kWh) por mes
Bodega	2	80	160	2	320	9600
Bar/Cafetería	2	45	90	0,8	72	2160
Archivador	1	60	60	0,3	18	540
Sala de Reuniones	2	80	160	2	320	9600
Recepción y Asistencia	2	80	160	4	640	19200
Gerencia	1	60	60	4	240	7200
Corredor	2	100	200	0,2	40	1200
Baño	2	45	90	0,4	36	1080
Terraza	1	60	60	0,1	6	180
Operativo	1	45	45	0,1	4,5	135
TOTAL	16				1696,5	50895

El valor obtenido como resultado de consumo total en un mes se relacionará con el consumo total de la planilla eléctrica para determinar el porcentaje que le corresponde (Ver Figura 19).

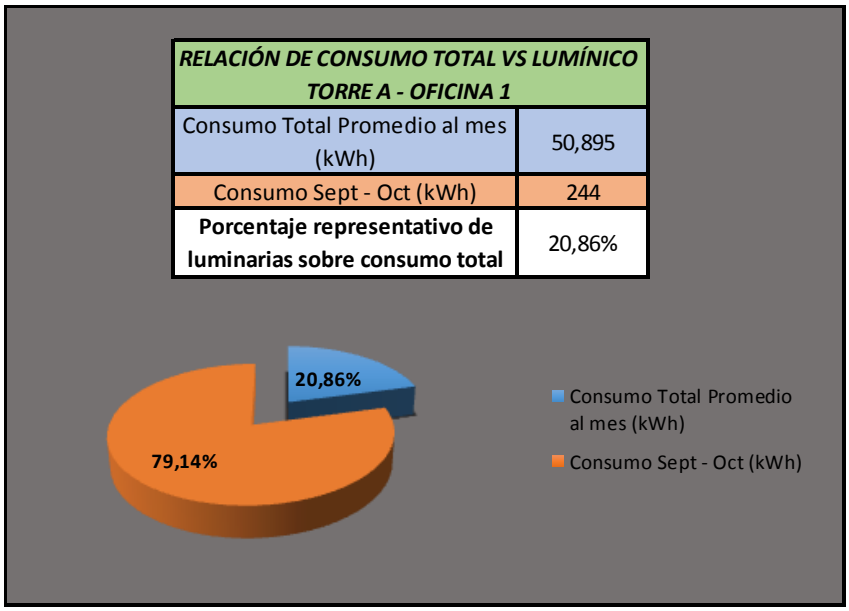


Figura 19. Relación de consumo lumínico vs consumo total tomado de planilla eléctrica EEQ Torre A, Oficina 1

El consumo total en el último mes de muestra es de 244 kWh y el valor promedio de iluminación es de 50,895 kWh lo que representan el 79,14% y el 20.86% respectivamente (Ver Figura 19). El control inteligente a emplearse pretende disminuir, al menos, el 15% de consumo correspondiente a 3,13% del uso total.

Las cinco zonas de la oficina 1B ubicada en la primera planta de la Torre B, tiene un total de diez focos de diferente potencia lo cual permite calcular el consumo promedio lumínico al mes, por medio de la aproximación de horas usadas al día (Ver Tabla 9).

Tabla 9. Consumo lumínico promedio Torre B, Oficina 1B.

TORRE B - OFICINA 1B	# FOCOS	Potencia Prom. Foco (W)	Potencia Total (W)	Tiempo de uso (h)	Consumo (kWh) por día	Consumo (kWh) por mes
Dep. Técnico / Bodega	3	80	240	6	1440	43200
Operativo / Gerencia	3	80	240	5	1200	36000
Corredor	2	40	80	0,2	16	480
Baño	2	60	120	0,2	24	720
TOTAL	10				2680	80400

En la Figura 20, el consumo total de la planilla eléctrica se relacionará con el del consumo promedio mensual para determinar el porcentaje correspondiente.

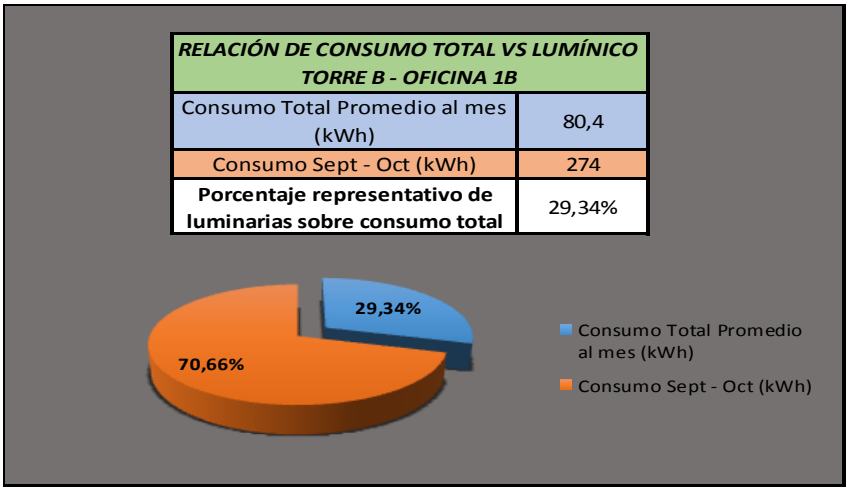


Figura 20. Relación de consumo lumínico vs consumo total tomado de planilla eléctrica EEQ Torre B, Oficina 1B.

El consumo de Septiembre a Octubre del año 2013 es de 274 kWh y el valor lumínico promedio obtenido es de 80,4 kWh. Estas cifras representan el 70,66% y el 29,34% respectivamente lo cual se ilustra en la Figura 20. El sistema inteligente de sensado y control pretende reducir, al menos, el 15% de consumo directamente relacionado con iluminación, lo que corresponde al 4,40% del uso total.

A través de la aproximación de horas usadas y la potencia de los quince focos en las once zonas del Departamento 3 ubicado en la tercera planta de la Torre B, se calcula el consumo promedio lumínico mensual (Ver Tabla 10).

Tabla 10. Consumo lumínico promedio Torre B, Departamento 3.

TORRE B - DEPARTAMENTO 3	# FOCOS	Potencia Prom. Foco (W)	Potencia Total (W)	Tiempo de uso (h)	Consumo (kWh) por día	Consumo (kWh) por mes
Estudio	1	60	60	4	240	7200
Sala	2	60	120	1	120	3600
Comedor	2	60	120	1	120	3600
Desayunador	1	60	60	2	120	3600
Cocina	1	60	60	4	240	7200
Cuarto de Máquinas	1	60	60	0,5	30	900
Dormitorio Máster	2	30	60	3	180	5400
Dormitorio 1	1	30	30	1	30	900
Dormitorio 2	1	30	30	1	30	900
Dormitorio 3	1	30	30	2	60	1800
Baño	2	60	120	0,7	84	2520
TOTAL	15				204	37620

El valor de consumo total al mes se relacionará con el consumo total de la planilla eléctrica para determinar el porcentaje que representa (Ver Figura 21).

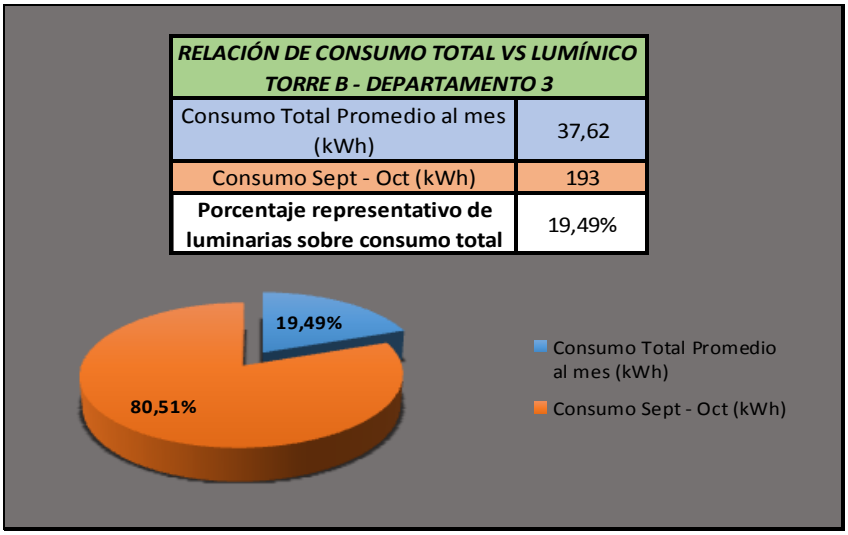


Figura 21. Relación de consumo lumínico vs consumo total tomado de planilla eléctrica EEQ Torre B, Departamento 3.

La relación de consumo conforme a la Figura 21 para el último período de corte representa a 80,51% mientras que el promedio mensual de iluminación es de 19,49%. El objetivo del sistema de control inteligente es reducir, al menos, el 15% de consumo sobre este último valor (i. e., 2,92% del uso total).

La potencia de los dieciséis focos distribuidos en las doce zonas del Departamento 4 ubicado en la cuarta planta de la Torre B, permite calcular el consumo promedio lumínico al mes a través de la aproximación de horas de uso al día (Ver Tabla 11).

Tabla 11. Consumo lumínico promedio Torre B, Departamento 4.

TORRE B - DEPARTAMENTO 4	# FOCOS	Potencia Prom. Foco (W)	Potencia Total (W)	Tiempo de uso (h)	Consumo (kWh) por día	Consumo (kWh) por mes
Estudio	1	60	60	1	60	1800
Sala	2	60	120	1	120	3600
Comedor	2	60	120	0,7	84	2520
Desayunador	1	60	60	1	60	1800
Cocina	1	60	60	2	120	3600
Cuarto de Máquinas	1	60	60	0,2	12	360
Dormitorio Máster	2	30	60	5	300	9000
Dormitorio 1	1	30	30	1	30	900
Dormitorio 2	1	30	30	0,3	9	270
Dormitorio 3	1	30	30	0,1	3	90
Corredor	1	60	60	0,2	12	360
Baño	2	60	120	0,5	60	1800
TOTAL	16				114	26100

El consumo total de la planilla eléctrica frente a la aproximación del uso total determinará el porcentaje que corresponde (Ver Figura 22).

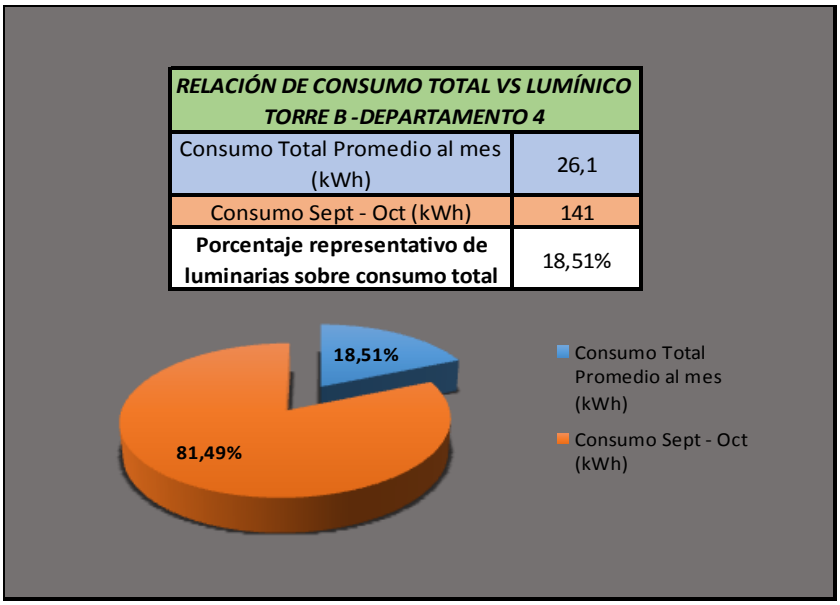


Figura 22. Relación de consumo lumínico vs consumo total tomado de planilla eléctrica EEQ Torre B, Departamento 4.

De acuerdo a la relación de consumo obtenido se espera la reducción de al menos 2,78% cuando el sistema de control inteligente sea instalado.

Las nueve zonas del Departamento 3 ubicado en la tercera planta de la Torre A, tiene un total de catorce focos de diferente potencia y el consumo promedio lumínico al mes se muestra en la Tabla 12, estos valores permitirán calcular el consumo promedio total en un mes.

Tabla 12. Consumo lumínico promedio Torre A, Departamento 3.

TORRE A - DEPARTAMENTO 3	# FOCOS	Potencia Prom. Foco (W)	Potencia Total (W)	Tiempo de uso (h)	Consumo (kWh) por día	Consumo (kWh) por mes
Sala	2	50	100	1	100	3000
Comedor	2	50	100	1	100	3000
Cocina	2	50	100	3	300	9000
Corredor	2	30	60	0,4	24	720
Dormitorio Máster	1	30	30	4	120	3600
Dormitorio 1	1	30	30	3	90	2700
Dormitorio 2	1	30	30	2	60	1800
Dormitorio 3	1	30	30	5	150	4500
Baño	2	30	60	0,5	30	900
TOTAL	14				330	29220

Dicho valor se relacionará con el consumo total de la planilla eléctrica para determinar el porcentaje que le corresponde (Ver Figura 23).

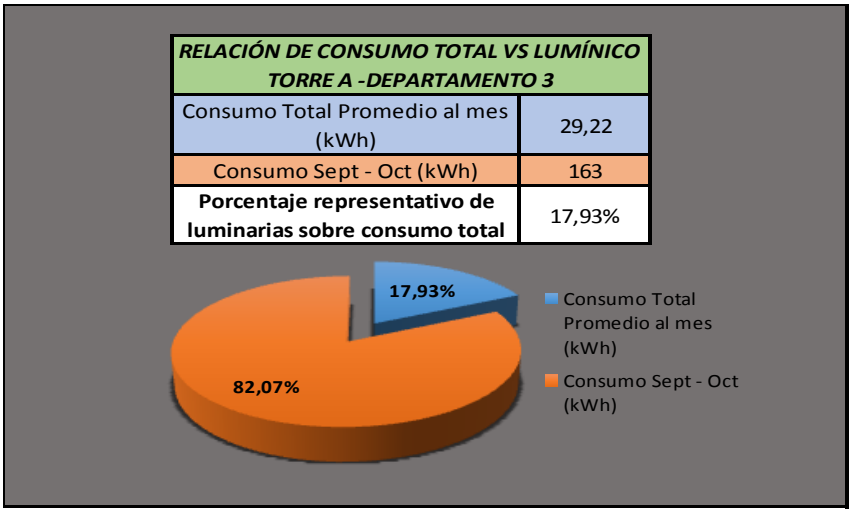


Figura 23. Relación de consumo lumínico vs consumo total tomado de planilla eléctrica EEQ Departamento 3 Torre A.

Los valores de consumo: 163 kWh (consumo total para el período de Septiembre a Octubre) y 29,22 kWh (uso lumínico promedio) permiten relacionar el ahorro que se pretende mediante el control inteligente lo que implica al 2,69% sobre el 15% total para este mes.

Las nueve zonas del Departamento 4 ubicado en la cuarta planta de la Torre A, tiene un total de catorce focos de diferente potencia lo cual permite calcular el consumo promedio lumínico al mes, por medio de la aproximación de horas usadas al día (Ver Tabla 13).

Tabla 13. Consumo lumínico promedio Departamento 4 Torre A.

TORRE A - DEPARTAMENTO 4	# FOCOS	Potencia Prom. Foco (W)	Potencia Total (W)	Tiempo de uso (h)	Consumo (kWh) por día	Consumo (kWh) por mes
Sala	2	50	100	6	600	18000
Comedor	2	50	100	3	300	9000
Cocina	2	50	100	4	400	12000
Corredor	2	30	60	0,4	24	720
Dormitorio Máster	1	30	30	4	120	3600
Dormitorio 1	1	30	30	2	60	1800
Dormitorio 2	1	30	30	5	150	4500
Dormitorio 3	1	90	90	5	450	13500
Baño	2	30	60	0,8	48	1440
TOTAL	14				708	64560

El porcentaje correspondiente de uso de luminarias frente al consumo total (Ver Figura 24), se obtendrá de la relación del total de la planilla eléctrica y el valor obtenido de la aproximación del consumo lumínico.

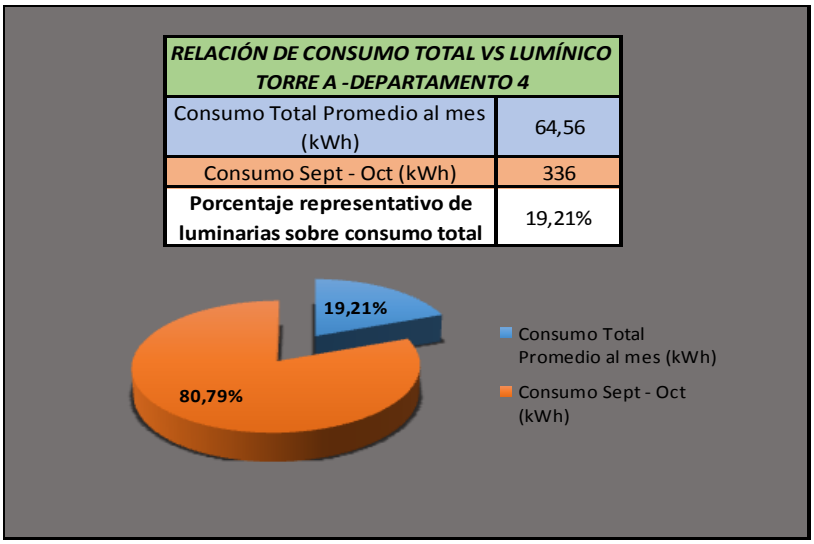


Figura 24. Relación de consumo lumínico vs consumo total tomado de planilla eléctrica EEQ Departamento 4 Torre A.

Las cifras para este período en el departamento 4 de la torre A representan el 80,79% (336 kWh) y el 19,21% (64,56 kWh) lo cual se ilustra en la Figura 24. La relación de ahorro del consumo sobre el 15% que busca el sistema es de 2,88% del uso total.

2.4 EFICIENCIA Y CONSUMO ENERGÉTICO

Parellada en 2008 cita que:

> La eficiencia energética es la obtención de los mismos bienes y servicios energéticos, pero con mucha menos energía, con la misma o mayor calidad de vida, con menos contaminación, a un precio inferior al actual, alargando la vida de los recursos y con menos conflicto. (p.1)

La eficiencia presente en el edificio se identifica claramente en el uso de focos fluorescentes en la mayoría de los casos o a su vez en disponer de lámparas con sensores integrados y temporizadores, este último es un claro ejemplo en las gradas del edificio.

Con estos pocos, pero significativos cambios, la eficiencia sobre el consumo eléctrico ha sido representativa. Si bien los temporizadores son un automatismo

simple, generan un ahorro representativo que evita el consumo excesivo en iluminación en espacios sin actividad.

De igual manera, el cambio a focos ahorradores ha disminuido el consumo, sin embargo no en todas las zonas se dispone de estas bombillas por el espacio que deben alumbrar y el nivel de iluminación[3] que se necesita en ciertos espacios, los de mayor afluencia en las oficinas y departamentos; y, es allí donde este proyecto aplicará su control.

Como se ha analizado, en el estudio previo de cada departamento y oficina, el consumo lumínico promedio representa entre el 19% y 20% sobre el consumo total, cifra que se encuentra cercana a la establecida en el estudio realizado por el Centro de Investigación de Recursos y Consumos Energéticos (CIRCE) en el 2012 (Ver Figura 25). Se constata que el consumo en el edificio Shalom está dentro del rango normal para el consumo lumínico (alumbrado-bombillas), donde se enfocará el control de este proyecto.

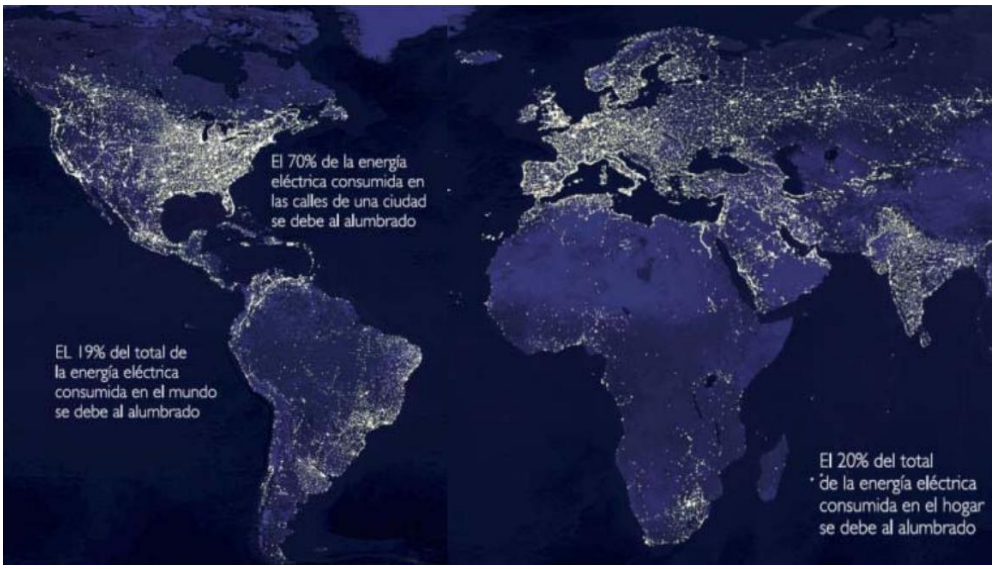


Figura 25. Potencial de ahorro y eficiencia energética en instalaciones de iluminación.

***Fuente**: CIRCE. (2012). Empower-EU, Potencial De Ahorro Y Eficiencia Energética En Instalaciones De Iluminación. Obtenido de http://www.empower-eu.com/docs/file/cursos%20Aragon/13-14%20junio/Presentacion_Iluminacion_Empower_%5BModo_de_compatibilidad%5D.pdf*

[3] Se mide en Lux: Unidad derivada del Sistema Internacional de Medidas para la iluminancia o nivel de iluminación. Equivale a un lumen /m² (Blanca et al.,1995)

2.5 OPTIMIZACIÓN DE RECURSOS ENERGÉTICOS

Previamente en la sección 2.3 se ha realizado el estudio sobre el consumo energético y la eficiencia producida por entorno lumínico actual, analizando los cambios que se deberían establecer para optimizar los recursos energéticos en el área de iluminación.

Estos cambios se aplican a los sistemas lumínicos integrados, permitiendo la iluminación sólo de los espacios necesarios por el período de tiempo adecuado y según la actividad que se realice. El objetivo también es cambiar a focos ahorradores en la mayor cantidad de zonas posibles y en otras se mantendrá los focos incandescentes por sus prestaciones (se disminuirá el consumo energético realizando una regulación de la corriente sobre estos elementos), así se puede combinar ahorro y eficiencia preservando el confort de los habitantes.

Esto implica que los espacios de mayor afluencia podrían contar con focos de mayor potencia pero, por estar regulados e integrados a un sistema inteligente de control y sensado, evitarán el excesivo consumo y sólo permitirán su funcionamiento cuando sea necesario.

Los sistemas automatizados tradicionales pueden generar un ahorro, pero al no interactuar con el medio no les permite obtener información del mismo. La integración de estos sistemas permitirá actuar independientemente a las lámparas a través del equipo de control de acuerdo a la situación lumínica externa (medio ambiente) obtenida por medio de sensores de luz y de acuerdo a horarios preestablecidos (día y noche).

2.6 ARQUITECTURA DE CONTROL

La arquitectura de un sistema de control especifica el modo en que los diferentes elementos de control del sistema se van a ubicar. Existen tres arquitecturas básicas: la arquitectura centralizada, descentralizada y distribuida.

2.6.1 ARQUITECTURA CENTRALIZADA

La unidad de control es el corazón de este sistema, los elementos a controlar y supervisar (sensores, luces, alarmas, sirenas, etc.) están cableados hasta el controlador central (Ver Figura 26). Los elementos que se encargan de supervisar el sistema reúnen la información necesaria y la envían al controlador para tomar las decisiones correspondientes y comuniquen a los elementos actuadores. En el caso de una falla en el control central se detiene el funcionamiento (Romero et al., 2011).

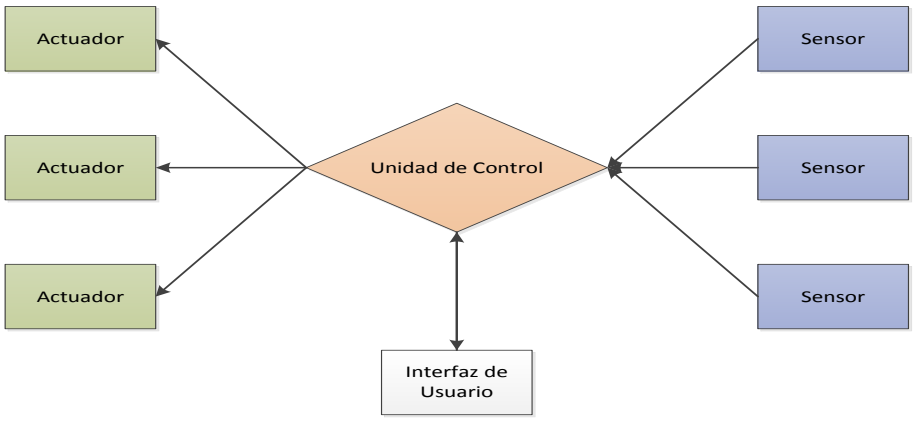


Figura 26. Arquitectura Centralizada.

***Fuente**: Adaptado de Romero, C., Vázquez, F., y De Castro, C. (2011). Domótica e inmótica. Viviendas y edificios inteligentes (p.42). Tercera Edición. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor, S.A de C.V.*

2.6.2 ARQUITECTURA DESCENTRALIZADA

Cada elemento funciona independientemente y en conjunto por lo que sí existe una falla en algún elemento, solo se afectará al control en el que éste actuaba. El sistema debe disponer de un bus compartido que permita la comunicación de todos los elementos (Ver Figura 27).

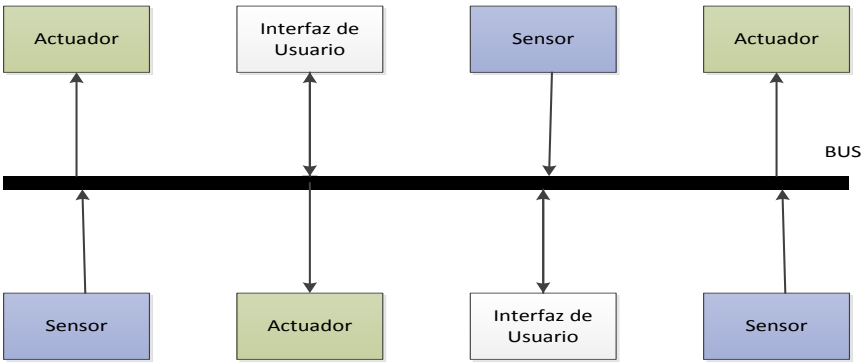


Figura 27. Arquitectura Descentralizada.

***Fuente**: Adaptado de Romero, C., Vázquez, F., y De Castro, C. (2011). Domótica e inmótica. Viviendas y edificios inteligentes (p.42). Tercera Edición. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor, S.A de C.V.*

2.6.3 ARQUITECTURA DISTRIBUIDA

Es un modelo híbrido que busca mejorar las dos arquitecturas anteriores. Este modelo sitúa al elemento de control próximo al elemento a controlar, de esta manera se evita la dependencia de un solo elemento de control que domine todo el sistema (Ver Figura 28), por lo tanto existen varios elementos de control llamados nodos entre los que se reparten las tareas de control.

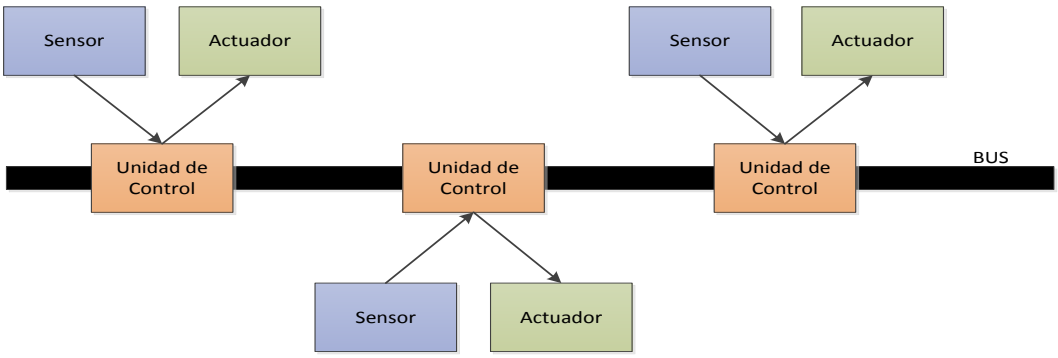


Figura 28. Arquitectura Distribuida.

***Fuente**: Adaptado de Romero, C., Vázquez, F., y De Castro, C. (2011). Domótica e inmótica. Viviendas y edificios inteligentes (p.43). Tercera Edición. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor, S.A de C.V.*

CAPÍTULO 3. SISTEMAS MECÁNICOS

3.1 MECANISMOS DENTRO DE LA EDIFICACIÓN

Es necesario recopilar la información sobre los mecanismos actuales para integrarlos al sistema inteligente de control y sensado, donde, a través de la plataforma de control se los agrupará permitiendo al usuario interactuar con ellos.

3.1.1 PUERTA DE ACCESO VEHICULAR ESTACIONAMIENTO

El mecanismo de la puerta de acceso ha sido funcional hasta la actualidad, sin embargo no aporta al confort y seguridad (los usuarios deben salir de sus autos para abrir la puerta de forma manual).

La puerta de acceso vehicular (Ver Figura 29.a) dispone de un mecanismo corredizo horizontal (Ver Figura 29.b) y ruedas acopladas a la puerta (Ver Figura 29.c) lo cual facilita la automatización. La seguridad con la que cuenta es un candado (Ver Figura 29.d). Las dimensiones de la puerta corrediza son: 4,00 m (largo) x 2,15 m (alto) y la masa aproximada es de 140 kg.

a)

c)

b)

d)

Figura 29. a) Puerta de acceso vehicular al parqueadero., b) Mecanismo corredizo horizontal., c) Rueda de desplazamiento., d) Candado de seguridad.

3.1.2 CERRADURA DE ACCESO AL EDIFICIO:

El ingreso al edificio se compone de una puerta metálica y una cerradura eléctrica (Ver Figura 30.a). La seguridad que brinda el mecanismo de la puerta ha sido fiable desde la construcción del edificio (Ver Figura 30.b), ésta se controla en la parte interna desde un pulsador y para cada departamento y oficina por medio de un portero eléctrico. Se debe contar con una llave para acceder desde la parte externa del edificio.

a)

b)

Figura 30. a) Puerta de acceso al Edificio Shalom., b) Cerradura eléctrica

3.1.3 CERRADURAS DE ACCESO A DEPARTAMENTOS Y OFICINAS:

En el edificio se cuenta con puertas de madera y un cerrojo metálico de apertura tradicional a través de una llave (Ver Figura 31).

Figura 31. Puerta de Acceso a los departamentos.

3.2 MÉTODO DE INTEGRACIÓN PARA LOS SISTEMAS FÍSICOS DEFINIDOS

3.2.1 PUERTA DE ACCESO VEHICULAR ESTACIONAMIENTO

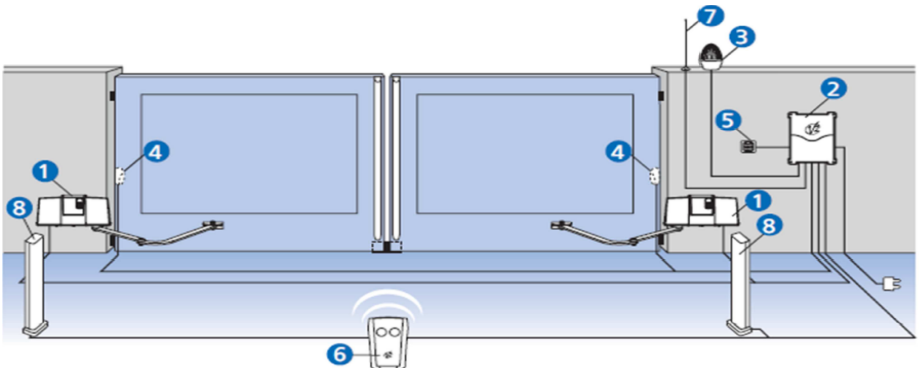
3.2.1.1 Mecanismos de desplazamiento

Los sistemas de acceso existentes para puertas de estacionamiento facilitan el traslado ya sea este vertical, elevadizo u horizontal permitiendo el acceso de los usuarios al sitio. (Sulca y Suntaxi, 2011).

A continuación se describirá los posibles mecanismos a instalarse de acuerdo al espacio y forma del acceso vehicular del edificio Shalom, los cuales permitirán la apertura o cierre a través de mando a distancia.

3.2.1.1.1 Puerta Batiente

Identificadas así debido el mecanismo batiente de sus puertas, son usadas para espacios de grandes dimensiones en donde el movimiento de la puerta no interfiere con el estacionamiento de los vehículos (Ver Figura 31).



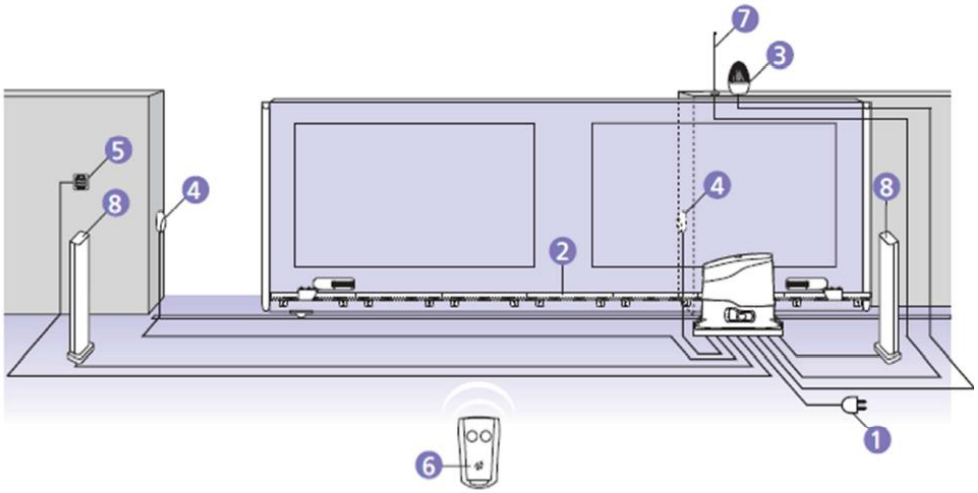
SIMBOLOGÍA	
Símbolo	Descripción
1	Actuador
2	Cuadro de Control Analógico / Receptor
3	Lámpara de señalización
8 4	Pareja de fotocélula
5	Selector con llave
6	Emisor de dos canales
7	Antena exterior

Figura 32. Sistema Abatible.

***Fuente**: Sulca, W. y Suntaxi, L. (2011). Diseño, construcción y simulación de un sistema basculante para acoplar a una puerta de garaje residencial automatizada por radio control (p.3). Quito: Universidad Politécnica Salesiana.*

3.2.1.1.2 Puerta Corrediza

El mecanismo corredizo para puertas necesita un espacio igual o superior a la medida de la puerta, puesto que, el sistema desliza horizontalmente la puerta hacia uno de los dos costados, sin embargo, resulta la mejor opción por la facilidad del desplazamiento y el espacio que ocupa en un solo eje (Ver Figura 32).



SIMBOLOGÍA	
Símbolo	Descripción
1	Motorreductor con cuadro de maniobras digital incorporado
2	Cremallera
3	Lámpara de señalización
8 4	Pareja de fotocélula
5	Selector con llave
6	Emisor de dos canales
7	Antena exterior

Figura 33. Sistema Corredizo.

***Fuente**: Sulca, W. y Suntaxi, L. (2011). Diseño, construcción y simulación de un sistema basculante para acoplar a una puerta de garaje residencial automatizada por radio control (p.4). Quito: Universidad Politécnica Salesiana.*

3.2.1.1.3 Puerta Basculante

El mecanismo basculante (Ver Figura 34) se compone de una chapa simple, la cual oscila sobre un eje horizontal sujeto a sus guías laterales a través de roldanas deslizantes, éstas suben o bajan suspendidas de cables de acero laterales sujetos a un sistema de poleas para la compensación del peso de la puerta. La compensación de la puerta se consigue ya sea mediante muelles o contrapesos.

Una vez instaladas este tipo de puertas penden en la parte superior del marco ubicándose la mitad de la puerta fuera y la otra parte por consecuente dentro. (Sulca y Suntaxi, 2011)

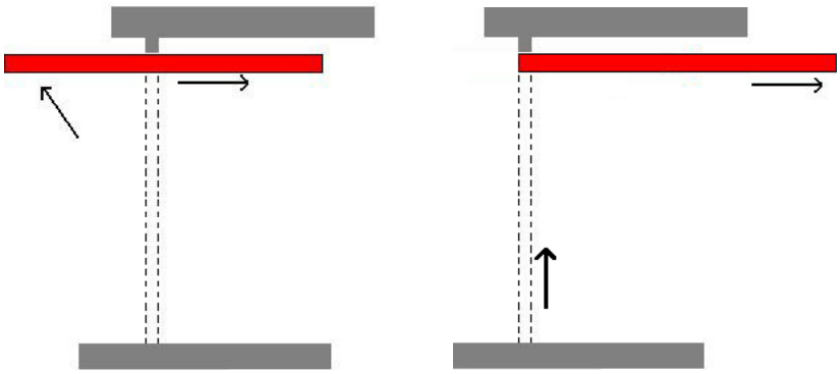


Figura 34. Sistema Basculante.

***Fuente**: Sulca, W. y Suntaxi, L. (2011). Diseño, construcción y simulación de un sistema basculante para acoplar a una puerta de garaje residencial automatizada por radio control (p.6). Quito: Universidad Politécnica Salesiana.*

Dentro de los sistemas basculantes existen varios mecanismos de acuerdo a la funcionalidad requerida: Basculante de Pre leva, Basculante Seccional, Basculante de Guillotina, Basculante de Muelle y Basculante de Contrapesos.

3.2.1.2 Análisis de alternativas para el acceso al estacionamiento

En esta se sección se presenta la evaluación de los sistemas posibles a implementarse (Sistema Batiente, Sistema Corredizo, Sistema Basculante), cada uno de ellos es valorado según los parámetros de interés para el edificio, estos parámetros se describen en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Descripción de parámetros a evaluarse en la selección del mecanismo que actuará en la puerta del estacionamiento del Edificio Shalom.

Parámetro	Descripción
Espacios	Área que ocuparía al momento de desplazar la puerta, estacionamientos afectados en el accionamiento, entre otros aspectos referentes a las dimensiones que el sistema necesitaría para funcionar.
Visibilidad	Campo referente a la visualización del parqueadero al momento de desplazarse ya sea al momento de ingresar o salir.
Infraestructura Existente	Referente al sistema donde se acoplaría mejor mecanismo disponible en la puerta de acceso.
Puerta Actual	Referente al sistema donde se acoplaría mejor la puerta disponible.
Mantenimiento	Se evalúa la facilidad con la que se podrá conservar o reparar los elementos que conformen el sistema.
Costos	Se refiere a precio de implementación del sistema.
Aspecto	Se refiere al impacto visual que cause el sistema sobre la fachada del edificio.

Cada uno de estos parámetros recibe un valor según la relevancia para el edificio, entre 0 y 1, siendo 1 lo más importante y 0 lo menos, para el análisis se lo denominará como factor de relevancia para el acceso del edificio (R.E), además se evalúan para cada sistema con respecto al funcionamiento que otorgaría al acceso del parqueadero, ocupará el campo nombrado como factor de eficiencia del sistema para el acceso (E.S), este campo se evalúa del 0 al 5, siendo 5 lo más conveniente y 0 lo menos.

El campo nombrado como, conveniencia para integración se obtiene del producto de los campos R.E y E.S e indica el valor de interés del parámetro para la implementación del sistema.

De forma general se realiza la sumatoria de todos los parámetros en el campo de conveniencia para integración, donde se obtiene el resultado total. Este último valor indica el sistema que se debería implementar.

Los parámetros de mayor importancia para el acceso y por lo cual tienen valor 1 en el factor de relevancia para el acceso del edificio son: Espacio, visibilidad, infraestructura existente y puerta actual. Sobre todo estos dos últimos son parte de

la edificación actual, esto implica eficiencia de presupuesto en la implementación del proyecto. Parámetros como mantenimiento y costos reciben valor de 0,8 y el aspecto valor de 0,6 puesto que se prefiere funcionalidad antes que el aspecto de la fachada en esta zona del edificio.

En el campo factor de eficiencia del sistema para el acceso (E.S), relaciona cada parámetro con el posible sistema a implementarse e indica el valor de eficiencia que aportaría para el resultado total.

Para efecto de lo expuesto y se muestra la Tabla 14 de tal manera que se determine un sistema a emplearse.

Tabla 14. Análisis para el acceso al estacionamiento del Edificio Shalom.

PARÁMETROS	FACTOR DE RELEVANCIA PARA EL ACCESO DEL EDIFICIO (R.E)	TIPO					
		SISTEMA BATIENTE		SISTEMA CORREDIZO		SISTEMA BASCULANTE	
		FACTOR DE EFICIENCIA DEL SISTEMA PARA EL ACCESO(E.S)	CONVENIENCIA PARA INTEGRACIÓN (R.E x E.S)	FACTOR DE EFICIENCIA DEL SISTEMA PARA EL ACCESO(E.S)	CONVENIENCIA PARA INTEGRACIÓN (R.E x E.S)	FACTOR DE EFICIENCIA DEL SISTEMA PARA EL ACCESO(E.S)	CONVENIENCIA PARA INTEGRACIÓN (R.E x E.S)
ESPACIO	1	1	1	5	5	5	5
VISIBILIDAD	1	2	2	5	5	5	5
INFRAESTRUCTURA EXISTENTE	1	0	0	5	5	0	0
PUERTA ACTUAL	1	0	0	5	5	0	0
MANTENIMIENTO	0,8	3	2,4	4	3,2	3	2,4
COSTOS	0,8	4	3,2	3	2,4	3	2,4
ASPECTO	0,6	5	3	3	1,8	4	2,4
RESULTADO TOTAL			11,6		**27,4**		17,2

El resultado total muestra una clara superioridad del mecanismo corredizo con 27,4 puntos de un total de 31 a obtenerse sobre los otros, debido a las facilidades que presta para el edificio y su estructura actual. Es muy importante recalcar la eficiencia que esto causará en el presupuesto de la implementación.

3.2.1.3 Selección del mecanismo de transmisión de movimiento para la puerta de acceso

Según el análisis realizado a través de métodos ponderativos en la sección anterior, se ha determinado la importancia sobre cada parámetro propuesto. Dichos campos han sido previamente estudiados según la necesidad que satisfacen, de acuerdo a esto se ha determinado la implementación de un sistema corredizo por los beneficios que este presta al edificio.

La transmisión de movimiento se realizará a través de un piñón en el generador de movimiento (motor) y una cremallera acoplada a la puerta.

- El mecanismo permite movimientos lineales de precisión.
- La posibilidad de fallas es menor por el número reducido de componentes con los que cuenta.
- Evita la pérdida de fuerza en la transmisión de movimiento y además impide el balanceo o desacople del sistema en el caso de que las guías del sistema no generen un movimiento estable.

El recorrido de la cremallera será el mismo largo de la puerta (≈400 cm) y el tiempo aproximado de apertura 30 s, a partir de lo cual obtendremos la velocidad:

$$v = \frac{d}{t} \qquad (1)$$

$$v = \frac{4\ m}{30\ s}$$

$$v = 0{,}133\ \frac{m}{s}$$

Según los datos requeridos se obtiene primero la Fuerza Necesaria para mover la puerta para lo cual descompondremos las fuerzas actuantes sobre la puerta (Ver Figura 35).

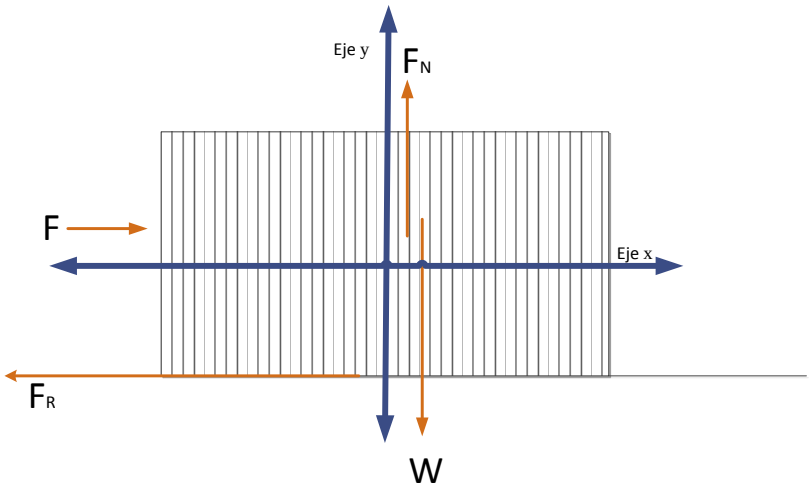


Figura 35. Diagrama de Fuerza aplicadas sobre la puerta de acceso vehicular.

Sobre el *eje y* encontramos la Fuerza Normal (F_N) y el Peso (W) y sobre el *eje x* la Fuerza que producirá el movimiento (F) y la Fuerza de rozamiento (F_R). A través de la sumatoria en cada eje se hallará la fuerza necesaria.

$$\sum Fy = 0$$

$$F_N - W = 0 \qquad (2)$$

El peso de la puerta es igual al producto entre la masa del cuerpo (140 kg) y la aceleración que actúa sobre éste (≈9,8 m/s^2) según la Ley de Gravitación Universal de Newton por lo que:

$$W = m \cdot g \qquad (3)$$

$$W = 140kg \cdot 9{,}8\ \frac{\mathrm{m}}{s^2}$$

$$W = 1372\ N$$

En consecuencia reemplazando (3) en (2) obtenemos la Fuerza Normal (F_N):

$$F_N - 1372\ N = 0$$

$$F_N = 1372\ N$$

Ahora analizado el *eje x* se tiene:

$$\sum Fx = m \cdot a$$

$$F - F_R = m \cdot a \qquad (4)$$

La Fuerza de Rozamiento (F_R) surge cuando existen dos cuerpos en contacto donde la magnitud es proporcional a la Fuerza Normal (F_N) entre ellos, es decir:

$$F_R = \mu \cdot F_N \qquad (5)$$

El valor de μ corresponde al coeficiente de rozamiento de acuerdo al material de los cuerpos en contacto. Para el caso de la puerta se empleará el valor de 0,53[4].

Reemplazando en (5) el valor de F_N obtenido en (2) se obtiene F_R:

$$F_R = 0{,}53 \cdot 1372\ N$$

$$F_R = 727{,}16\ N$$

El valor de la aceleración se obtiene a través de la ecuación de distancia en el movimiento rectilíneo uniformemente acelerado:

$$d = V_o t + \frac{1}{2} a t^2 \qquad (6)$$

Despejando (6) en función de la aceleración se obtiene:

$$a = \frac{2(d - V_o t)}{t^2} \qquad (7)$$

[4] Valor de coeficiente de rozamiento entre metales (Serway y Jewett, 2009)

Donde v_0 equivale a cero puesto que parte del reposo, por lo tanto reemplazando en (7) el tiempo y la distancia se obtiene:

$$a = \frac{2(4m)}{(30\ s)^2}$$

$$a = 0{,}0088\ \frac{m}{s^2}$$

Reemplazado en (4), la aceleración obtenida en (7), la Fuerza de Rozamiento (F_R) en (5) y la masa de la puerta se tiene:

$$F - 727{,}16\ N = 140\ kg\ \cdot\ 0{,}0088\ \frac{\mathrm{m}}{s^2}$$

$$F = 728{,}41\ N$$

Esta fuerza (F) obtenida, además de la velocidad obtenida en (1), será la mínima necesaria para adquirir la Potencia mecánica (P_M).

$$P_M = F\ \cdot\ v \qquad (8)$$

$$P_M = 728{,}41\ N\ \cdot 0{,}133\ \frac{\mathrm{m}}{s}$$

$$P_M = 96{,}88\ \mathrm{W}$$

Para obtener la potencia eléctrica (P_E), se realiza el cociente entre la potencia mecánica (P_M) obtenida en (8) y la eficiencia eléctrica (ɳ) que el motor entregará.

$$P_E = \frac{P_M}{\eta} \qquad (9)$$

Por efectos de diseño se empleará una eficiencia eléctrica del 80%. Por lo que reemplazando en (9) la potencia eléctrica es:

$$P_E = \frac{96{,}88\ W}{0{,}8}$$

$$P_E = 121{,}1\ W$$

Además por equipamiento se considera el factor de seguridad (f.s) de 1,5. El producto de este factor y la Potencia Eléctrica obtenida en (9) será llamado Potencia Real (P.R).

$$P.R = P_E \cdot f.s \qquad (10)$$

$$P.R = 121{,}1\ W \cdot 1{,}5$$

$$P.R = 181{,}65\ W$$

Según 10 y la masa de la puerta se seleccionará el motor existente en el mercado que más se ajuste a las necesidades y conveniencias de los usuarios y administradores del edificio, los modelos disponibles y especificaciones técnicas principales se listan en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Comparación técnica motores Rogers N.

		SERIE -MODELO		
		M30-329	H30-649	R30-804
CARACTERÍSTICAS	UNIDADES	VALORES		
ALIMENTACIÓN	V	115AC 50Hz	115AC 60Hz	230AC 50Hz
POTENCIA NOMINAL	W	210	240	350
TERMOPROTECCIÓN DEL MOTOR	°C	150	150	150
TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO	°C	-20+55	-20+55	-20+55
PESO MÁXIMO	Kg	300	600	800

***Fuente**: Roger Technology s.n.c. (2012). Serie - H30. Bonisiolo di Mogliano Veneto: [s.n].*

El peso máximo que soporta cualquiera de las opciones cumple con uno de los requerimientos para el sistema, el valor de la potencia obtenido en (10) se aproxima al modelo M30-320 sin embargo por la facilidad de adquisición en el mercado nacional se opta por el modelo R30-804, el cual desplazará la puerta sin inconveniente alguno.

3.2.2 CERRADURA DE ACCESO AL EDIFICIO

La seguridad es fiable y el mecanismo de apertura es automático, a través de un pulsador eléctrico (interruptor tipo timbre), por lo que la cerradura se mantendrá. Ésta se integrará al sistema inteligente de control y sensado de tal manera que a

través de la plataforma de control el pulso eléctrico pueda ser emitido hacia el mecanismo.

3.2.3 CERRADURAS DE ACCESO A DEPARTAMENTOS Y OFICINAS

Para estas zonas se mantienen los mecanismos manuales, lo cual evita su integración al sistema. Se pretende cambiar el modo de apertura actual utilizando cerraduras digitales, de modo que permitan al usuario acceder a su departamento de una manera más confortable y segura. Por la facilidad de instalación y adquisición en la ciudad de Quito se opta por la marca YALE. El modelo que presta mayores facilidades para la integración pertenece a la serie Real Living (Ver Figura 36) que permite conexiones inalámbricas (Zigbee).

Figura 36. Cerradura Digital.

***Fuente**: Gadgetreview. (2013). Gadget Review. Recuperado el 28 de Mayo de 2014, de http://www.gadgetreview.com/wp-content/uploads/2010/10/yale_realiving.jpg*

CAPÍTULO 4. SISTEMAS DE CONTROL ELECTRÓNICO

4.1 DESCRIPCIÓN DE TECNOLOGÍAS APLICABLES PARA SISTEMAS DE CONTROL Y SENSADO

4.1.1 ESTÁNDAR DE CONTROL KNX

Fundado en 1999 por EIBA (European Installation Bus Association), EHSA (European Home Systems Association y BCI (BatiBUS Club International) se autonombraron KNX Association, son creadores y propietarios del estándar. Los miembros son fabricantes que desarrollan dispositivos para múltiples aplicaciones como por ejemplo control de la iluminación, control de persianas y toldos, calefacción, ventilación, aire acondicionado, gestión energética, medición, supervisión, monitorización, sistemas de alarmas/intrusos, electrodomésticos, sistemas de audio y video y muchas otras. Las características principales de funcionalidad se presentan en el Cuadro 9.

Cuadro 9. Características KNX.

Características KNX
Todos los sistemas están comunicados entre sí por lo que si se produce un cambio en el edificio, no es necesario modificar el cableado, la línea de bus conecta todos los dispositivos de control.
El impacto de instalación se minimiza porque se reduce considerablemente la cantidad de cable. Un software permite la programación para la instalación del proyecto (EIB Tool Software).
Una gran ventaja es al momento de ampliar una instalación, los dispositivos se pueden conectar sin problemas al bus disponible.

***Fuente**: KNX Association. (2012). KNX. Recuperado el 2014, de http://www.knx.org/knx-es/knx/tecnologia/especificaciones/index.php*

4.1.2 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN X10

Es uno de los protocolos más antiguos aplicado en la automatización residencial, nace en Escocia en los años 70 en la empresa PICO Electronics. El protocolo X10 aparece de una variedad de proyectos en los que se estaba investigando

denominados proyectos X, el numero 10 corresponde al número de proyecto al que pertenecía este caso específico que fue el más exitoso.

La ventaja fundamental de X10 es el uso de las líneas eléctricas de las residencias y sin necesidad de colocar nuevos cables para conectar dispositivos, el objetivo era transmitir datos por las líneas de baja tensión a bajo costo.

La mayor desventaja de X10, es el canal de trasmisión de datos (Las transmisiones de X-10 son sincronizadas con el punto de corte cero de la línea eléctrica), el cual es de 50bps en Europa y 60 bps en Estados Unidos. Esta diferencia se debe a la frecuencia de transporte de energía eléctrica para cada zona (50 Hz en Europa y 60 Hz en Estados Unidos).

Una recopilación de las características funcionales destacadas se presenta en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Características X-10.

Características X-10
Sistema de control descentralizado, cualquier dispositivo puede tanto emitir como recibir información
Se puede integrar hasta 256 dispositivos sobre la misma red
El ancho de banda es reducido frente a otras soluciones (Red Lon, Bluetooth, entre otros)
Su enfoque de aplicación en su gran mayoría es hacia viviendas unifamiliares
Es un sistema reconfigurable, flexible, ampliable, de instalación sencilla y fácil manejo
Utiliza la línea eléctrica para transmitir datos, no puede coexistir con otro sistema que la utilice

***Fuente**: Romero, C., Vázquez, F., y De Castro, C. (2011). Domótica e inmótica. Viviendas y edificios inteligentes (p.132). Tercera Edición. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor, S.A de C.V.*

4.1.3 RED LOCAL DE CONTROL LONWORKS

En el año 1992, la Corporación Echelon presenta el protocolo y el medio de programación (Lonworks) los cuales fueron diseñados para ocuparse de las demandas de las redes de control. A pesar de ello. Sólo ha tenido éxito de implementación en edificios de oficinas, hoteles o industrias. Además debido a su

alto costo, los dispositivos Lonworks no han tenido una implantación masiva en los hogares, sobre todo porque existen otras tecnologías mucho más económicas. Todos los dispositivos Lonworks están basados en un microcontrolador especial llamado Neuron Chip con tres procesadores, dos para comunicación y uno para aplicación. Una recopilación de las características funcionales principales se presenta en el Cuadro 11 (Romero et al., 2011).

Cuadro 11. Características Lonworks.

Características LonWorks
Su sistema de control es descentralizado.
El protocolo de comunicación llamado LonTalk cumple con las 7 capas del modelo de referencia 0SI para redes, alcanza una velocidad de extremo a extremo de 78000 bps
LonTalk controla la compatibilidad de productos y servicios
Basado en un microcontrolador especial llamado Neuron Chip
Modular, ampliable, flexible, estandarizado para funcionar con dispositivos de otros fabricantes y es robusto.
Orientado a la gestión de medianas y grandes instalaciones

***Fuente**: Romero, C., Vázquez, F., y De Castro, C. (2011). Domótica e inmótica. Viviendas y edificios inteligentes (p.210). Tercera Edición. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor, S.A de C.V.*

4.1.4 ESTÁNDAR DE COMUNICACIONES ZIGBEE

Diseñado por ZigBee Alliance, una comunidad internacional de más de 100 compañías como Motorola, Mitsubishi, Philips, Samsung, Honeywell, Siemens, entre otras.

ZigBee está basado en un estándar público global que permite a cualquier fabricante crear productos de tal manera que sean compatibles entre ellos, está basado en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal y tiene como objetivo las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías. Una recopilación de las características funcionales principales se presenta en el Cuadro 12 (Valverde, 2007).

Cuadro 12. Características Zigbee.

Características Zigbee
Fuciona en las bandas libres ISM (Industrial, Scientific & Medical) de 2.4 GHz, 868 MHz (Europa) y 915 MHz (Estados Unidos).
Tiene una velocidad de transmisión de 250 Kbps y un rango de cobertura de 10 a 75 metros.
A pesar de coexistir en la misma frecuencia con otro tipo de redes como WiFi o Bluetooth su desempeño no se ve afectado debido a su baja tasa de transmisión y a las características propias del estándar IEEE 802.15.4.
Capacidad de operar en redes de gran densidad debido a la topología de ésta tecnología, esta característica ayuda a aumentar la confiabilidad de la comunicación y rango de cobertura.
Cada red tiene un identificador de red único, ésto permite la convivencia de varias redes en un mismo canal de comunicación sin ningún problema. Pueden existir hasta 16 000 redes diferentes en un mismo canal y cada constituida por hasta 65 000 nodos.
Su topología de malla (MESH) permite a la red auto recuperarse de problemas en la comunicación aumentando su confiabilidad.

***Fuente**: Salgado, I. V. (2011). ZigBee y sus aplicaciones. Madrid.*

4.2 COMPARATIVA DE LAS TECNOLOGÍAS POSIBLES A APLICARSE

En el Cuadro 13 presentado en esta sección, se pretende diferenciar las principales referencias de cada protocolo al momento de instalar. Se toma en cuenta las fuentes más influyentes como la velocidad de transmisión, sector de aplicación, costo y topología; principales referentes para el usuario y el instalador al momento de decidir el mejor sistema a implementarse.

Cuadro 13. Comparativa Tecnologías KNX, X-10, Lonworks y Zigbee.

	TECNOLOGÍA APLICABLE PARA SISTEMAS DE CONTROL Y SENSADO			
CARACTERÍSTICAS	**KNX [a]**	**X-10 [b]**	**Lonworks [b]**	**Zigbee [c]**
Velocidad de acuerdo al medio de transmisión				
Par Trenzado:	9600 bps	-	78000 bps	-
Línea Eléctrica:	1200 bps	50 - 60 bps	-	-
Radiofrecuencia:	16000 bps	-	-	250000 bps
IP - Fast Ethernet	100 Mbps			
Campo de implementación - Referencia de costo	Sector Doméstico - Medio Alto	Sector Doméstico - Bajo	Sector comercial - Medio Alto	Sector Abierto - Bajo
Aplicaciones - Instalaciones	Pequeñas y medianas instalaciones.	Pequeñas instalaciones - Unifamiliares.	Medianas y grandes instalaciones - Edificios Hoteles.	Adaptable - Pequeña, mediana y grande.
Topología	Tipo Bus.	Powerline - Depende de la red Eléctrica.	Libre (Bus, Estrella, Árbol, Malla, entre otros.	Punto-Punto, Estrella, Árbol y Malla.
Observaciones	Poco grado en que se reduce el cableado debido a la línea portadora de fuente que debe llevar para la conexión de los distintos dispositivos.	Al depender de la línea eléctrica (power line) solo comunica equipos en la misma fase eléctrica.	Necesita cableado eléctrico adicional para la transmisión de datos.	La señal inalámbrica depende del espacios físico de transmisión (paredes, vidrios, entre otros).

Nota: Adaptado de varios autores: a) KNX Association. (2012). KNX. Recuperado el 2014, de http://www.knx.org/knx-es/knx/tecnologia/medios-de-transmision/index.php, b) Romero, C., Vázquez, F., y De Castro, C. (2011). Domótica e inmótica. Viviendas y edificios inteligentes (p.119). Tercera Edición. México D.F.: Alfaomega Grupo Editor, S.A de C.V., c) Salgado, I. V. (2011). ZigBee y sus aplicaciones. Madrid.

4.3 ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS PARA SELECCIONAR EL SISTEMA DE CONTROL ÓPTIMO EN LOS SISTEMAS FÍSICOS

El método de ponderación evalúa el factor de importancia para cada parámetro (Ver Tabla 15) de los sistemas expuestos (KNX, X-10, LONWORKS y ZIGBEE), cada uno de estos recibe un factor según la relevancia para el edificio, entre 0 y 1, siendo 1 lo más importante y 0 lo menos. Para el análisis se lo denominará como

factor de relevancia para control en el edificio (R.E), además se evalúan para cada sistema con respecto a la facilidad que prestará para su implementación, este campo será nombrado como factor de eficiencia del sistema para el control o (E.S), este campo se evalúa del 0 al 5, siendo 5 lo más conveniente y 0 lo menos.
El campo nombrado “conveniencia para implementación” se obtiene del producto de los campos R.E y E.S e indica el valor de interés del parámetro para la implementación del sistema.

Los parámetros a evaluarse se muestran en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Descripción de parámetros a evaluarse en la selección del sistema de control para el Edificio Shalom.

Parámetro	Descripción
Fiable	Es un sistema confiable tal que permita independizar a los usuarios de la responsabilidad de los equipos de control y su correcto desempeño (encendido, apagado, comunicación, entre otros).
Escalable	Permite el crecimiento de equipos de control con facilidad. Construcción: Obra civil y de mampostería deben ser tomadas en cuenta para la implementación.
Cableado Existente	Dependencia del cableado existente.
Instalación	Facilidad de instalación de los dispositivos tanto de control como actuadores.
Configuración	La dificultad que presenta el sistema al momento de configurar el funcionamiento de los controladores y elementos de acción.
Integrable	Viabilidad de comunicarse con equipos de otros fabricantes.
Alcance	La distancia más lejana que se cubre con el sistema.
Topología	La facilidad de conexión entre los equipos del sistema.
Costo	Impacto económico que presenta para la implementación.

De forma general se realiza la sumatoria de todos los parámetros en el campo de conveniencia para integración, donde se obtiene el resultado total. Este último valor indica el sistema que se debería implementar.

Tabla 15. Análisis de alternativas mediante métodos de ponderación para seleccionar los sistemas de control óptimos en los sistemas físicos.

PARÁMETROS	FACTOR DE RELEVANCIA PARA EL EDIFICIO (R.E)	TIPO							
		KNX		X-10		LONWORKS		ZIGBEE	
		FACTOR EFICIENCIA DEL SISTEMA (E.S)	CONVENIENCIA PARA IMPLEMENTACIÓN (R.E x E.S)	FACTOR EFICIENCIA DEL SISTEMA (E.S)	CONVENIENCIA PARA IMPLEMENTACIÓN (R.E x E.S)	FACTOR EFICIENCIA DEL SISTEMA	CONVENIENCIA PARA IMPLEMENTACIÓN (R.E x E.S)	FACTOR EFICIENCIA DEL SISTEMA	CONVENIENCIA PARA IMPLEMENTACIÓN (R.E x E.S)
FIABLE	1	4	4	4	4	4	4	3	3
ESCALABLE	0,6	3	1,8	4	2,4	3	4	5	3
CONSTRUCCIÓN	1	2	2	2	2	2	4	4	4
CABLEADO EXISTENTE	1	4	4	2	2	2	2	4	4
INSTALACIÓN	0,8	3	2,4	3	2,4	2	1,6	4	3,2
CONFIGURACIÓN	0,8	4	3,2	3	2,4	2	1,6	5	4
INTEGRABLE	0,8	4	3,2	4	3,2	3	2,4	3	2,4
TOPOLOGÍA	0,6	2	1,2	2	1,2	4	2,4	4	2,4
COSTO	1	3	3	3	3	2	2	3	3
RESULTADO TOTAL			24,8		22,6		24		**29**

El análisis realizado arroja un claro resultado en el cual, de 29 puntos obtenidos de un total de 38 posibles, se selecciona el sistema de control Zigbee. Debido a las prestaciones que brinda al edificio por el mínimo impacto en construcción y cableado (dos de los parámetros de mayor necesidad para el edificio).

4.4 SELECCIÓN DE COMPONENTES PARA EL SISTEMAS DE CONTROL CAPACES DE INTEGRARSE A LOS SISTEMAS INTELIGENTES DE SENSADO

Según el análisis de la sección 4.3 se llega a la conclusión que la tecnología más conveniente para el edificio y sus habitantes es mediante el protocolo de comunicación ZigBee.

Siendo esta una tecnología innovadora y muy eficiente para las limitaciones en cuanto a cableado que posee la infraestructura del edificio Shalom. El estudio e

investigación sobre la implementación por medio de este protocolo ha llevado a determinar que la construcción y diseño de un sistema propietario sería de un costo muy alto, lo cual pondría en peligro el presupuesto con el que se dispone.

Es por ello que se ha buscado en el mercado nacional e internacional las mejores opciones en cuanto al funcionamiento de esta tecnología y se han encontrado dos fabricantes que pueden proveer de equipos con tecnología ZigBee para incorporarlos al sistema inteligente de control y sensado.

4.4.1 FABRICANTES DE SISTEMAS DE CONTROL

Debido a la falta de componentes o altos costos para construir equipos de control y comunicación de este tipo y de acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla 15, se ha dispuesto dos proveedores que cuentan con equipos con las capacidades necesarias para este proyecto.

4.4.1.1 Control4

Empresa Estadounidense creada en 2003 con sede Salt Lake City, es fabricante y distribuidor de su propia línea de equipos de control y software para automatización de nombre igual al fabricante. (Control4 Corporation, 2013)

4.4.1.2 Solidmation

Fabricante y distribuidor de soluciones de automatización con sede central en Buenos Aires, Argentina fue fundado en el año 2010 y dispone de su propia línea de equipos y software llamado “Sistema Habeetat”. (Solidmation S.A., 2013)

4.4.2 CUADRO COMPARATIVO DE ACUERDO A LAS NECESIDADES PARA LA INTEGRACIÓN AL SISTEMA DE CONTROL Y SENSADO INTELIGENTE

En esta sección se realizará una comparación entre fabricantes, para identificar aquel que cubra las necesidades de implementación en el proyecto, para lo cual se propondrá una serie de parámetros que permitirán esta evaluación (Ver Cuadro 15).

Cuadro 15. Descripción de parámetros a evaluarse en la selección del mecanismo que actuará en la puerta del estacionamiento del Edificio Shalom.

Parámetro	Descripción
Fiable	Es un fabricante que permite desligarnos de la responsabilidad de los equipos de control y su correcto encendido, apagado o comunicación y funcionamiento.
Costo	El impacto económico que produce la implementación con la línea de productos del fabricante.
Configuración	La facilidad con la que se programará la funcionalidad de los dispositivos de control.
Instalación	Uso de recursos con los que cuenta el edificio para la implementación de control y actuadores finales.
Adquisición (Tiempo)	El lapso que tarda el fabricante en entregar los equipos.
Disponibilidad equipos	Distribución local o internacional.
Disponibilidad repuestos	Reposición de equipos en caso de un daño.
Soporte Técnico	Atención hacia el instalador e integrador.

Estos parámetros se evalúan en el campo denominado “factor de conveniencia para implementación” en un rango del 1 al 5, siendo 1 poco eficiente o ineficiente para los requerimientos del proyecto y 5 eficiente o indispensable. De forma general se realiza la sumatoria de todos los parámetros en el campo de conveniencia para implementación, donde se obtiene el resultado total. Este último valor indica el sistema más idóneo a ser implementado (Ver Tabla 16).

Tabla 16. Comparación de acuerdo a las necesidades para la integración al sistema de control y sensado inteligente.

PARÁMETROS	FABRICANTES	
	Control4	Solidmation Automation made simple.
	FACTOR DE CONVENIENCIA PARA IMPLEMENTACIÓN	FACTOR DE CONVENIENCIA PARA IMPLEMENTACIÓN
FIABLE	5	5
COSTO	3	5
CONFIGURACIÓN	3	4
INSTALACIÓN	5	4
ADQUISICIÓN (TIEMPO)	2	3
DISPONIBILIDAD EQUIPOS	3	3
DISPONIBILIDAD REPUESTOS	3	3
SOPORTE TÉCNICO	3	4
RESULTADO TOTAL	27	**31**

De acuerdo a las necesidades propuestas y según la evaluación presentada, se ha seleccionado trabajar con los equipos del fabricante Solidmation S.A. por la diferencia de costos que presentan sus equipos y el acompañamiento al instalador o integrador en un proyecto, siendo estos últimos los parámetros de mayor relevancia al momento de seleccionar.

4.5 CONTROL PARA DISPOSITIVOS ON/OFF

Para integrar las luminarias o periféricos que tienen 2 estados de funcionamiento: encendido o apagado (ON/OFF) hacia la red Zigbee, se realizará la intervención sobre cada interruptor, independiente del actuador que controle (lámpara de tipo: incandescente, fluorescente o pulsos eléctricos para accionamiento). El parámetro que marca la diferencia de los equipos de control HPA-2130 (Ver Anexo A.1 para características técnicas) y HPA-2530 (Ver Anexo A.3 para características técnicas) es el número de canales que controla (Ver Cuadro 16).

Cuadro 16. Diferenciación de canales entre equipos para control ON/FF.

EQUIPO	FUNCIÓN	CANALES	EQUIPO	FUNCIÓN	CANALES
HPA - 2130	INTERRUPTOR DE DOS CANALES DE MONTAJE DENTRO DE CAJA ELÉCTRICA	2	HPA - 2530	INTERRUPTOR DE SEIS CANALES DE MONTAJE RIEL DIN	6

***Fuente**: Adaptado de Solidmation S.A. (2013). Solidmation. Recuperado el 24 de Octubre de 2013, de http://www.solidmation.com/index.php/home-automation/productos/productos-habeetat/?lang=es*

4.6 CONTROL DE INTENSIDAD (DIMMER) PARA LÁMPARAS

El control de la intensidad de iluminación es una característica muy importante para elevar el nivel confort en los usuarios, disminuye el consumo de energía si la intensidad empleada para el foco es menor a la de uso normal (etiqueta de

consumo de potencia en la lámpara). Permite interactuar con lámparas incandescentes o lámparas fluorescentes, para este último caso el fabricante debe indicar si realizan una regulación de corriente (dimerizable). La integración se realiza a través del dimmer de control (Ver Cuadro 17) sobre cada interruptor hacia la lámpara controlada. El equipo que desempeña esta función es el HPA-2140 (Ver Anexo A.2 para características técnicas).

Cuadro 17. Equipo de control dimmer.

EQUIPO	FUNCIÓN	CANALES
HPA - 2140	DIMMER DE DOS CANALES DE MONTAJE DENTRO DE CAJA ELÉCTRICA	2

***Fuente**: Adaptado de Solidmation S.A. (2013). Solidmation. Recuperado el 24 de Octubre de 2013, de http://www.solidmation.com/index.php/home-automation/productos/productos-habeetat/?lang=es*

4.7 CONTROL PARA SISTEMA DE SEGURIDAD

La integración del sistema de seguridad con el software de control Habeetat Planner[5] se realiza a través de un puente de comunicación (Ver Cuadro 18) el cual integra alarmas de la marca DSC (Digital Security Controls). Permite armar, desarmar, monitorear y controlar el estado de las alarmas y los sensores desde cualquier dispositivo: PCs, tablets o Smartphones local o remotamente. El equipo HPA-2601 soporta la retroalimentación de seguridad para el sistema inteligente de sensado y control por medio del cual se puede intervenir en periféricos de iluminación y cerraduras digitales, elevando el nivel de seguridad y confort para el usuario (Ver Anexo A.6 para características técnicas).

[5] Habeetat Planner es el software de control diseñado por Solidmation S.A. para interactuar con los equipos de la línea de este fabricante y de terceros compatibles con la marca. (Solidmation S.A, 2013).

Cuadro 18. Equipo integrador para alarmas DSC.

EQUIPO	FUNCIÓN
HPA - 2601	MÓDULO INTEGRADOR DE ALARMAS DE LA MARCA DSC

***Fuente**: Adaptado de Solidmation S.A. (2013). Solidmation. Recuperado el 24 de Octubre de 2013, de http://www.solidmation.com/index.php/home-automation/productos/productos-habeetat/?lang=es*

Para las puertas en los departamentos se utiliza las cerraduras digitales de marca Yale, modelo Real Living YRD221, las cuales permiten al usuario elevar el nivel de seguridad de ingreso a su inmueble debido al control electrónico y mecánico que dispone sobre la apertura de la puerta donde se instala (Ver Cuadro 19). Funciona de forma local a través del panel táctil donde requiere una clave de acceso o de forma habitual con llaves, de manera remota a través de un controlador Habeetat[6] o de forma autónoma a través del sistema inteligente de sensado y control quien se encarga de gestionar su estado (abierto o cerrado) de acuerdo a las variables de retroalimentación en seguridad.

Cuadro 19. Descripción cerradura digital YALE YRD221.

[6] El Controlador Habeetat es la unidad principal de control del sistema, este dispositivo funciona desatendido gestionando la automatización del inmueble. Incluye además la capacidad de ejecutar macros, eventos programados y conectar la instalación a Internet permitiendo el acceso y control desde cualquier teléfono móvil, PC o pantalla táctil con conexión a Internet o desde la red local

EQUIPO	FUNCIÓN
YRD-221	CERRADURA DIGITAL INTEGRABLE A SISTEMAS INALÁMBRICOS ZIGBEE

***Fuente**: Adaptado de Gadgetreview. (2013). Gadget Review. Recuperado el 28 de Mayo de 2014, de http://www.gadgetreview.com/wp-content/uploads/2010/10/yale_realiving.jpg*

4.8 IMPLEMENTACIÓN DEL ALGORITMO DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL PARA EL CONTROL INTELIGENTE DE SENSADO

Para control inteligente de sensado se busca el algoritmo que corresponda a una acción dependiendo de la percepción del medio por lo cual se ha dispuesto usar el modelo de un agente de reflejo simple el cual funciona mediante la búsqueda de una regla cuya condición coincide con la situación actual (tal como se define por la percepción) y luego haciendo la acción asociada con esa regla.

Los agentes de reflejo simple (basado en *Russell y Norving, 2009):*

> Actúan únicamente sobre la base de la percepción actual, ignorando el resto de la historia. La función del agente se basa en la regla de condición-acción: si se cumple la condición, entonces se realiza la acción (Ver Figura 37).
>
> Esta función tiene éxito cuando el ambiente es completamente visible. Algunos agentes de reflejo simple también pueden contener información sobre su estado actual que les permite hacer caso omiso de las condiciones de cuyos efectores ya se desencadenan, en campos donde el ambiente es parcialmente visible los lazos infinitos son a menudo inevitable

por lo cual se recomienda aleatorizar sus acciones o disponer una condición que pueda complementar el campo de visión.

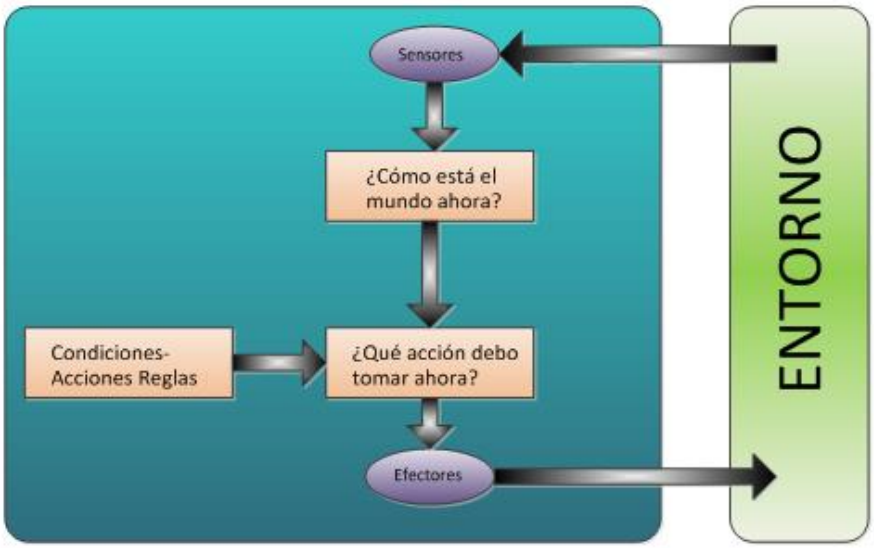


Figura 37. Diagrama esquemático de un agente reflejo simple.

***Fuente**: Adaptado de Russell S. y Norving P. (2009). Artificial Intelligence A Modern Approach, Third Edition (p.49). New Jersey: Pearson Prentice Hall.*

El Algoritmo de Agente Reflejo Simple (Russell y Norving , 2009) responde a la siguiente función:

Función Agente de Reflejo Simple (percepción) retorna acción
    Estático: reglas, un conjunto de reglas de condición-acción
    Estado ← interpretar - entrada (percepción)
    Regla ← reconocer - coincidir (estado, reglas)
Retorna acción

El algoritmo de agente reflejo simple para sistemas inteligentes de sensado y control se implementará en el área de seguridad y se encargará de monitorear las variables de seguridad integradas en el sistema como: Sensores de movimiento, contactos magnéticos para detección de ventanas y puertas, sensores de alarmas técnicas y cerraduras. De acuerdo al estado de este conjunto de variables el algoritmo realiza un lazo de verificación durante un período determinado (tiempo en el que se cumplen todas las condiciones para asegurar el departamento). Se

verifica previo a esto el horario en el que se ejecutará el algoritmo (horario en el cual no se encuentran habitantes en el departamento).

El sistema se encargará de realizar acciones por medio de los efectores a través de los cuales irá cumpliendo todos los condicionantes, verificará el estado de las luminarias y en caso de estar inactivas, apagará todos los circuitos controlados, verificará el estado de la cerradura y en caso de estar abierta la cerrará, todos los circuitos controlados actuarán sobre la cerradura, finalmente si todo esto se ha cumplido conjuntamente con el tiempo de verificación la alarma se armará (Ver Figura 38).

Este algoritmo permitirá al sistema brindar seguridad y ahorro energético autónomo y así elevar el nivel de confort para los usuarios.

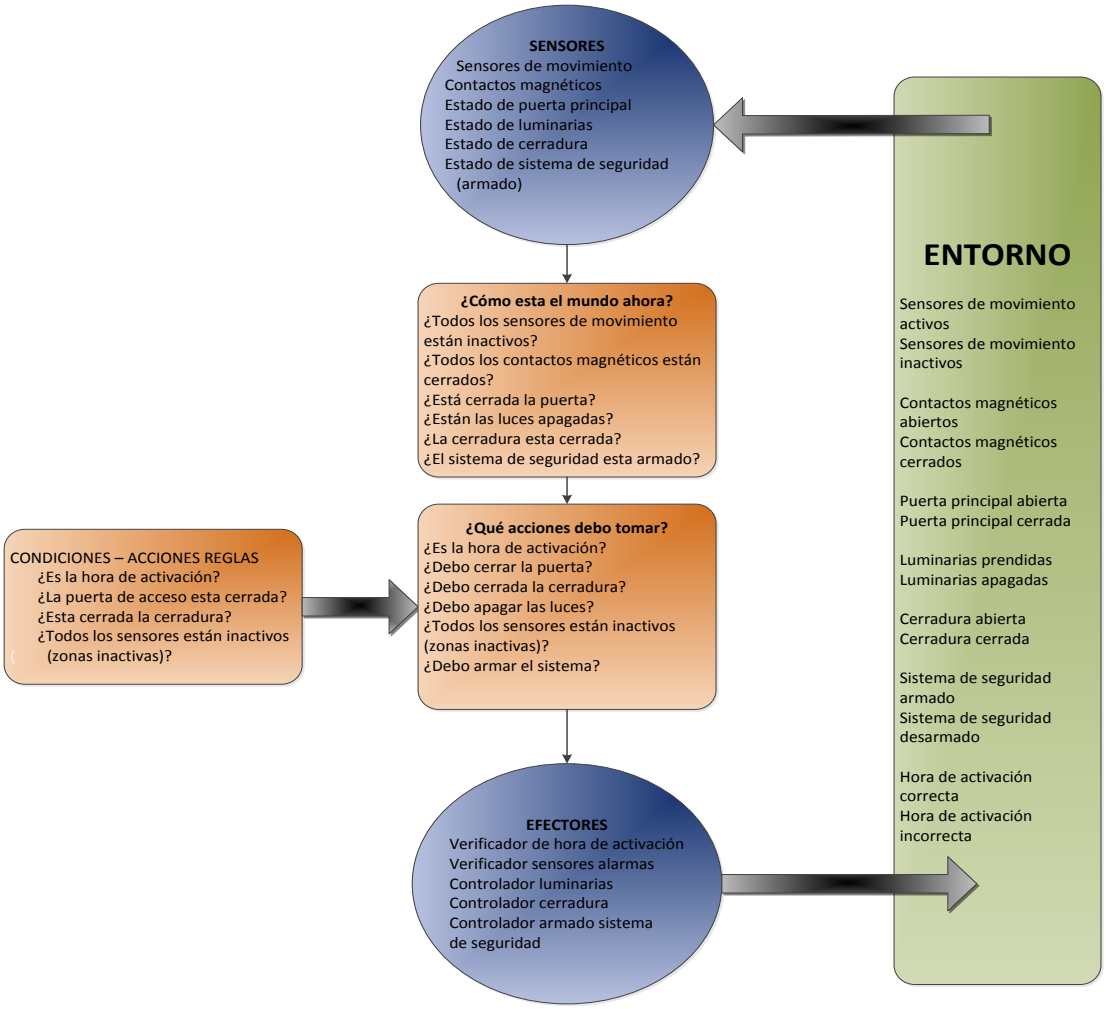


Figura 38. Diagrama esquemático de un agente reflejo simple aplicado al sistema de seguridad para departamentos en Edificio Shalom.

CAPÍTULO 5. SISTEMAS DE COMUNICACIÓN

5.1 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN ZIGBEE

El sistema de comunicación está basado en la tecnología ZigBee, como fue analizado en la Tabla 15 por las prestaciones que brinda.

Este protocolo cuenta con tres tipos de dispositivos según su rol en la red (Valverde, 2007):

- **Coordinador de Red Zigbee (ZC, Zigbee Coordinator)**: Posee las mayores capacidades en este protocolo, puede actuar como enrutador de la red para distribuciones tipo estrella y además como repetidor para las distribuciones de tipo malla o árbol. Es el encargado de almacenar la información de la red y de entregar las claves de cifrado para la comunicación. Solo puede existir un coordinador por red Zigbee.
- **Enrutado Zigbee (ZR, Zigbee Router)**: Actúa como puente de conexión entre dispositivos separados en la topología de red
- **Dispositivo Final (ZED, Zigbee End Device)**: Se comunica solo con el enrutador o coordinador de la red, no puede transmitir información destinada a otros dispositivos, por este modo de comunicación este nodo puede pasar inactivo hasta recibir una indicación lo cual aumenta el tiempo de vida de sus baterías. Tiene requerimientos mínimos de memoria en consecuencia sus costos son menores.

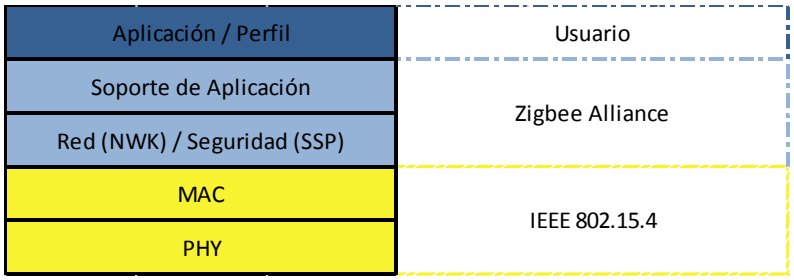
También se clasifican los dispositivos según su funcionalidad:

- **Funcionalidad Completa (FFD, Full Function Device)**: Disponen mayor cantidad de memoria y procesamiento lo cual les permite actuar como coordinadores, enrutadores o pueden ser dispositivos de red que operan de interface con los usuarios.

- **Funcionalidad Reducida (RFD, Reduced Function Device)**: Son aquellos cuya capacidad de memoria y procesamiento son limitadas como sensores o actuadores de la red (cumplen una función específica).

Zigbee tiene un modelo de pila de protocolos similar a OSI (Open Systems Interconnection model), está formado por varias capas, una independiente de otra (Ver Cuadro 20).

Cuadro 20. Modelo de pila de protocolos para Zigbee.



***Fuente**: Adaptado de Valverde, J. (2007). El Estándar Inalámbrico ZigBee (p.3). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.*

- La capa **PHY** que trabaja en conjunto con la capa **MAC** descritas en el estándar IEEE Std 802.15.4™-2003 (Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc., 2003), ofrecen los servicios de transmisión de datos inalámbricamente y trabaja sobre la banda ISM (industrial, scientific and medical radio bands) de uso libre a 2.4GHz.
- **NWK** supervisa el correcto uso de la capa MAC y brinda una interfaz adecuada para la capa de aplicación además de los métodos necesarios para: iniciar la red, unirse a la red, enrutar paquetes dirigidos a otros nodos en la red, proporcionar los medios para garantizar la entrega del paquete al destinatario final, filtrar paquetes recibidos, cifrarlos y autentificarlos.
- El **soporte de aplicación** es responsable de conservar el papel que el nodo desempeña dentro de la red, filtra paquetes a nivel de aplicación, mantiene la relación de grupos y dispositivos a través de los cuales la aplicación interactúa y facilita el envío de datos a los diferentes dispositivos

- Finalmente la **capa de aplicación**, de la cual se encarga cada fabricante, define el desempeño de cada objeto Zigbee (ZDO, Zigbee device object) ya sea estos como ZC, ZR, ZED.

El empaquetamiento en Zigbee se efectúa en cuatro diferentes tipos de paquetes simples (Ver Figura 39): Datos, ACK, MAC y baliza

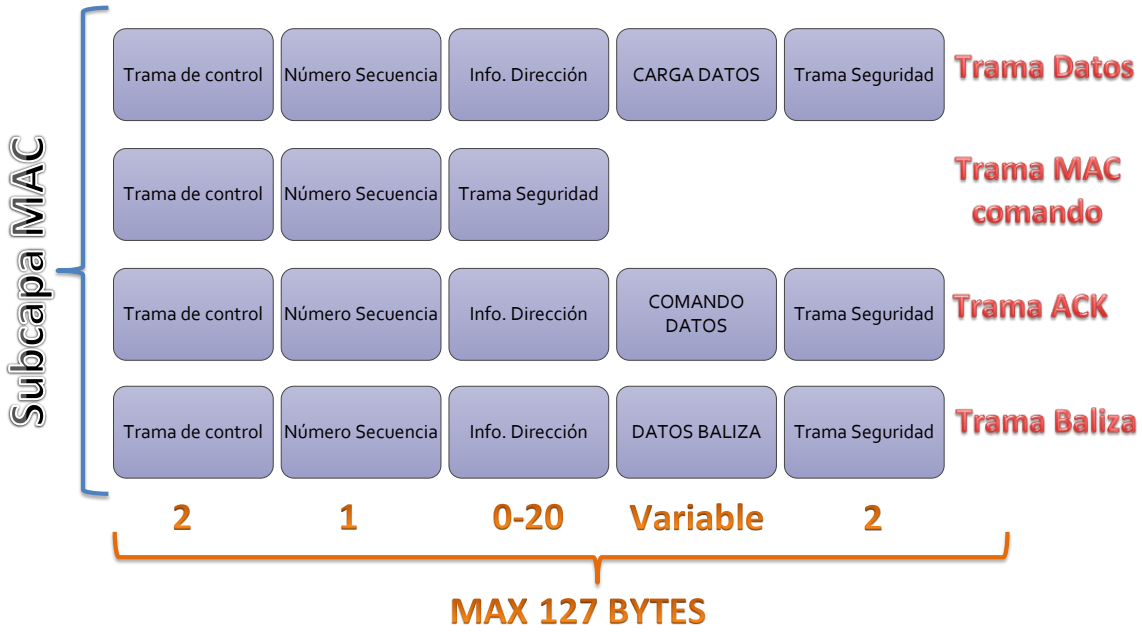


Figura 39. Tipo de paquetes básicos de Zigbee

***Fuente**: Adaptado de Valverde, J. (2007). El Estándar Inalámbrico ZigBee (p.5). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.*

- El paquete de **datos** ocupa un espacio de hasta 104 bytes. La trama asegura sus paquetes de tal manera que pueda verificarse que todos lleguen a su destino, permitiendo que la transmisión en condiciones difíciles sea fiable.
- El paquete de reconocimiento o **ACK**, es dónde se realiza una verificación desde el receptor al emisor confirmando la recepción del paquete sin errores.
- El paquete **MAC** permite la actualización por aire de parámetros configurables y de control para los dispositivos o nodos.

- El paquete **baliza** transmite la señal hacia los dispositivos inactivos indicándoles las acciones que se desea realizar desde la capa de aplicación.

Finalmente, existen tres tipos de topología para las redes Zigbee: Estrella, Árbol y Malla (Ver Figura 40).

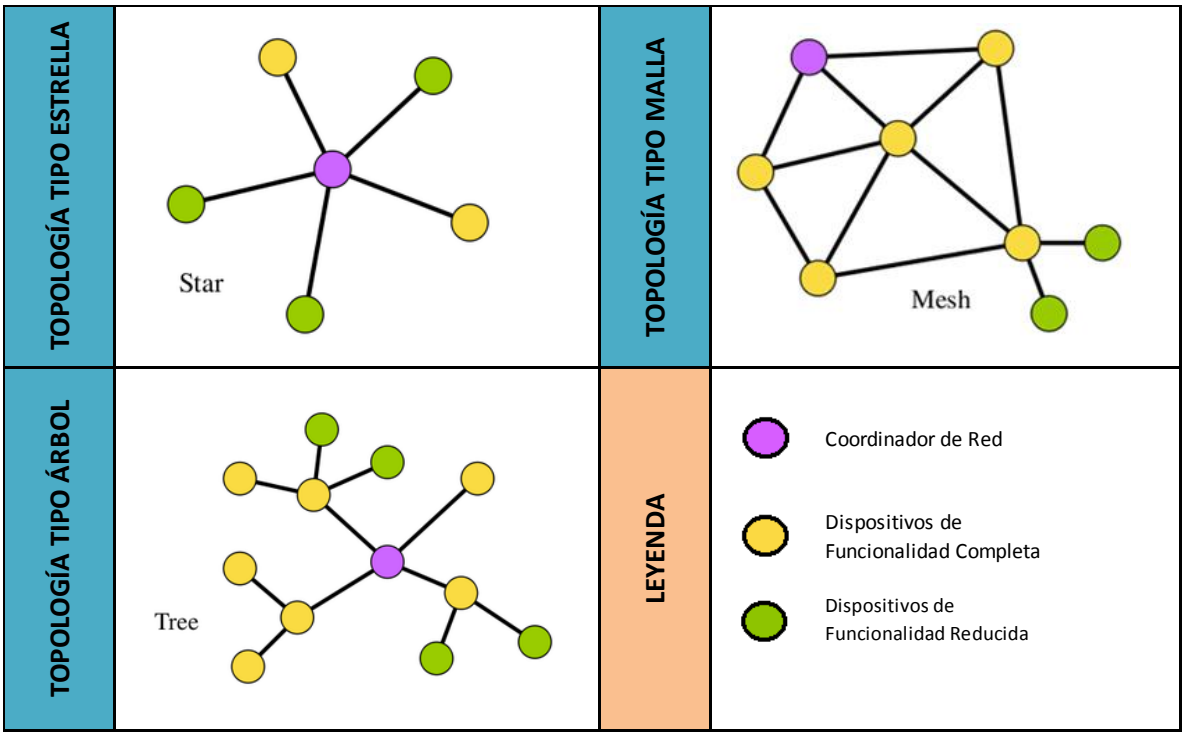


Figura 40. Tipos de topología de Zigbee

***Fuente**: Adaptado de Valverde, J. (2007). El Estándar Inalámbrico ZigBee (p.7). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.*

- Tipo **Estrella** dispone un solo coordinador (único encargado de enrutar los paquetes de la red) y está conectado a uno o varios dispositivos finales.
- Tipo **Árbol**: El coordinador de red es la raíz de cada subred.
- Tipo **Malla**: La red se conforma de varios dispositivos de funcionalidad completa lo cual les permite comunicarse uno con otro como repetidores, a esto se le conoce como enrutador multi-salto. Los datos pueden llegar entonces a cualquier parte de la red que se encuentre dentro del rango de cobertura.

5.2 CONFIGURACIÓN DE LA ARQUITECTURA DE COMUNICACIÓN ENTRE LOS SISTEMAS DE CONTROL Y LOS SISTEMAS FÍSICOS

La arquitectura sobre los productos del fabricante seleccionado en la sección 4.4.2, se comunican de manera inalámbrica bajo el estándar IEEE 802.15.4 y mediante la tecnología de comunicación inalámbrica ZigBee, permite una comunicación fácil y eficiente, lo cual evita de gran forma reestructuraciones físicas, obras de mampostería o cambios en el cableado eléctrico.

El software de control, propiedad de Solidmation S.A., Habeetat Planner (Ver Anexo E.11), gestiona productos de su producción y también equipos de otros fabricantes relacionados con iluminación, climatización, seguridad, confort y control del consumo energético.

Es por medio de un servidor dedicado para el software, que se realiza el control para todos los dispositivos integrados, estos pueden ser ZigBee o IP. La solución que ofrece Habeetat Planner dispone de conexión a equipos IP por WIFI o directamente por cable de red, puesto que el servidor puede conectarse al enrutador de la Red Local por medio del protocolo TCP/IP a través del puerto Ethernet (Ver Figura 41).

Los equipos de la línea de Solidmation son actualizables inalámbricamente es decir las versiones nuevas de firmware pueden ser actualizadas aun cuando los dispositivos se encuentren instalados (dentro de las cajas eléctricas, rieles DIN, etc.), de igual manera pueden ser reprogramados, para cumplir distintas funciones a las configuradas iniciales.

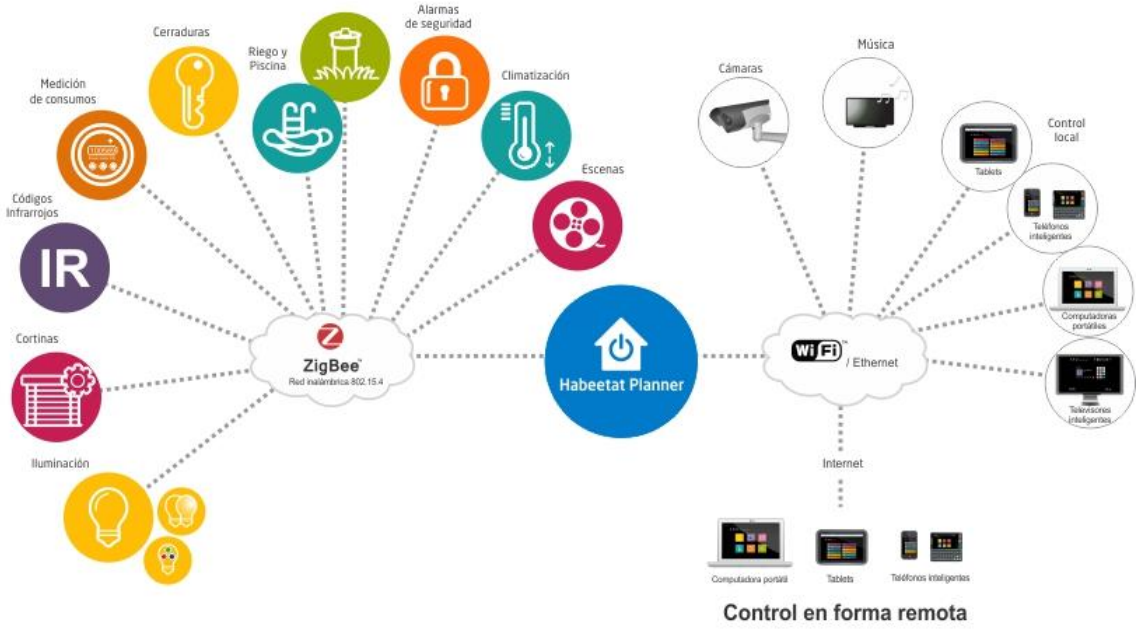


Figura 41. Arquitectura del Sistema.

***Fuente**: Solidmation S.A. (2013). www.solidmation.com. Obtenido de http://www.solidmation.com/index.php/home-automation/domotica/arquitectura-del-sistema/?lang=es*

Los dispositivos de tecnología Zigbee tienen la ventaja de trabajar bidireccionalmente cumpliendo la función de receptor y emisor (antena repetidora) para que sean un puente de comunicación hacia los dispositivos de su alrededor, de esta manera la gestión se puede distribuir a partir del servidor dedicado Habeetat Planner, indicando la función por dispositivo, con la finalidad de integrar todos los sistemas propuestos (iluminación, puertas de acceso, seguridad, entre otros), en la zona respectiva (oficina, departamento, estacionamiento o gradas de acceso), a través de esta red. Dichos equipos de control establecen un enlace de comunicación aprovechando la infraestructura a implementarse en las gradas del edificio creando una antena repetidora a lo largo de todos los pisos (Ver figura 42). La topología de este medio de comunicación facilita el modo de conexión entre los dispositivos (punto a punto estrella, árbol o malla), los cuales localizan la ruta hacia el control central más efectiva (corta) mejorando la velocidad de transmisión de datos.

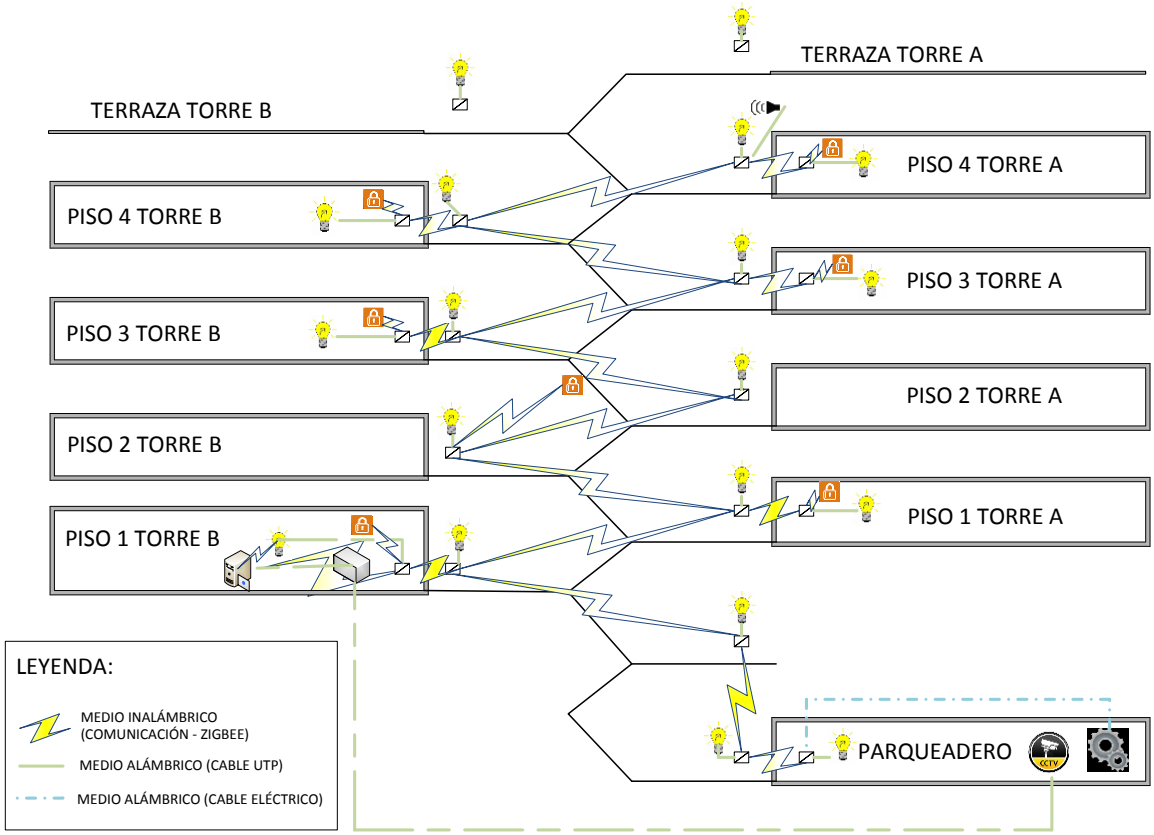


Figura 42. Esquema repetición inalámbrica ZigBee.

El servidor dedicado además de controlar la red Zigbee está conectado a la red de área local (LAN) lo cual permite integrar el sistemas de grabación de cámaras IP. Una zona especial en el edificio es el estacionamiento, contará con un sistema de vigilancia y seguridad por CCTV (Circuito Cerrado de televisión) a través del cual los usuarios podrán visualizar fácilmente su espacio de parqueo por medio de sus dispositivos móviles con conexión a internet (Smartphones, tablets, entre otros), y verificar la disponibilidad de acceso. Las cámaras serán llevadas por medio de cable UTP (Unshielded Twisted Pair) hacia el receptor central, DVR (Digital Video Recorder), el cual gestiona las grabaciones y la visualización en tiempo real de las cámaras.

5.3 SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS CONFIABLES DE COMUNICACIÓN PARA EL CONTROL ALÁMBRICO E INALÁMBRICO

La implementación de este sistema permite a los sistemas actuales intercomunicarse y elevar su plataforma de comunicación, tanto sistemas ON/OFF como medios de visualización y sensores que permiten al usuario interactuar con ellos de forma manual o remota.

Por medio de los equipos HPA-2130 de montaje in-wall (dentro de la pared) se podrá integrar las luminarias dispuestas en cada punto de aplicación (departamentos, oficinas, estacionamiento, gradas de acceso). Al disponer de dos canales de aplicación permite controlar dos actuadores (para este caso controlará las luminarias que se encuentren dentro de cada circuito en cada interruptor actualmente instalado). Para su instalación es necesario contar con el cableado adecuado en cada punto eléctrico. En la Figura 43 se muestra un esquema de la forma de instalación de estos equipos.

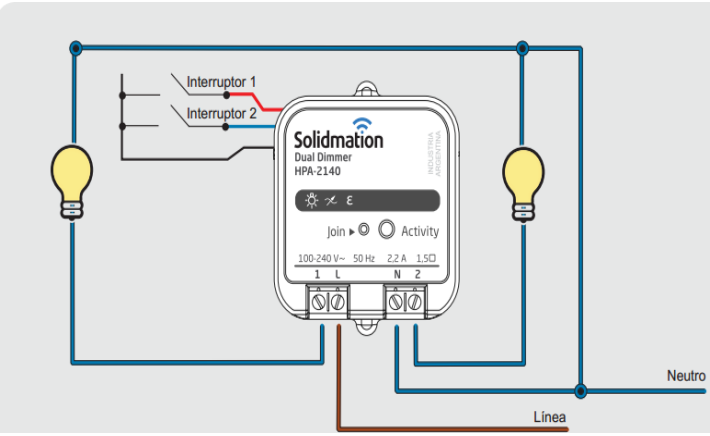


Figura 43. Instalación eléctrica para HPA-2130 y HPA-2140

***Fuente**: Solidmation S.A. (2013). Solidmation-MA-HPA-2130_2140_V3-Installation_Manual-00-ES. Obtenido de [http://www.solidmation.com/baul/downloads/Solidmation-MA-HPA-2130_2140_V3-Installation_Manual-00-ES.pdf]*

Para el caso del estacionamiento se utilizará un equipo con mayor capacidad de entradas y salidas, para controlar los circuitos de luminarias y puerta de acceso

vehicular. El HPA-2530-LV maneja hasta 6 cargas independientes de hasta 3A, se instala sobre gabinetes con riel tipo DIN.

Las instalaciones eléctricas en este caso requieren ligeras modificaciones para la conexión hacia el controlador, la fase de cada circuito eléctrico deberá ser conectada hacia las salidas del equipo de control y las conexiones para los interruptores en las entradas del mismo dispositivo (Ver Figura 44). De igual manera el pulso de control necesario para la activación del motor deberá ir a una salida y el interruptor que da la señal de accionamiento a una de las entradas.

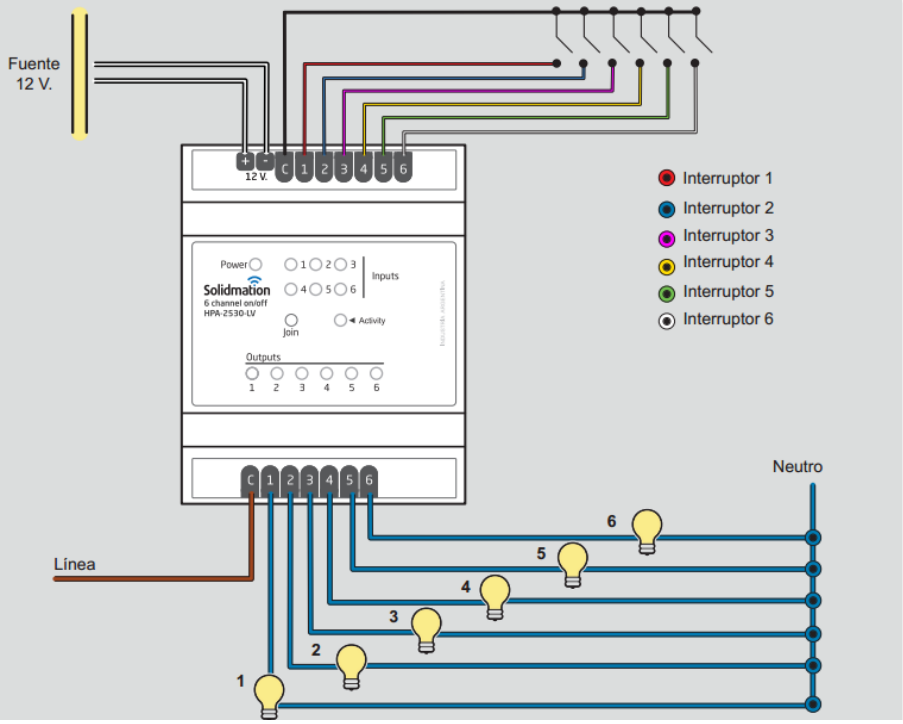


Figura 44. Instalación eléctrica para HPA-2530-LV

***Fuente**: Solidmation S.A. (2013). Solidmation-MA-HPA-2520_V3-Installation_Manual-00-ES. Obtenido de http://www.solidmation.com/baul/downloads/Solidmation-MA-HPA-2530_V3-Installation_Manual-00-ES.pdf*

La integración para el sistema de vigilancia y seguridad del parqueadero requiere conexiones de alta eficiencia para una mejor transmisión del video de las cámaras, debido al alto consumo de ancho de banda que requieren por el volumen de su contenido se utilizará un medio alámbrico (cable UTP) de esta manera la visualización no será lenta y/o distorsionada.

Se emplearán video transmisores y receptores (Ver Figura 45) en los extremos del cableado para enlazar las cámaras con el DVR (Ver Figura 46).

Figura 45. Transformador de cable UTP a Terminal BNC y voltaje (emisor/receptor).

***Fuente**: Electrónica Steren, S.A. (2014). Steren-Extensores de video. Obtenido de http://www.steren.com.mx/catalogo/prod.asp?p=1409*

Figura 46. Digital Video Recorder Hikvision DS7104HWI-SL.

***Fuente**: Shop4Security. (2004). Shop4Security - HIKVISION DS-7104HWI-SL. Obtenido de http://www.s4s.co.za/ProductInfo.aspx?productid=S4S7104HWISL*

La integración del grabador digital de cámaras hacia el servidor Habeetat Planner se realiza por medio de la dirección IP del equipo (Ver Figura 47).

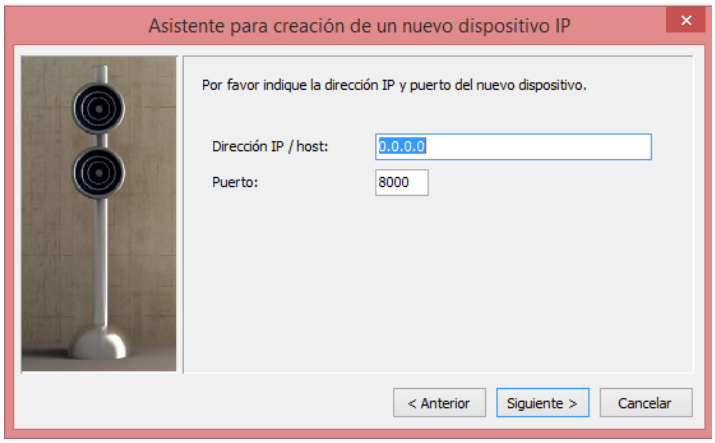


Figura 47. Configuración de dispositivo IP con servidor Habeetat Planner

***Fuente**: Habeetat Planner Designer (Versión 7) [software]. (2014).Buenos Aires: Solidmation S.A.*

Para el control de alarmas de seguridad se empleará el dispositivo HPA-2601 el cual permite la integración con los paneles de control de la marca DSC (Digital Security Controls), a través de éste es posible armar y desarmar la alarma y monitorear el estado de sensores desde cualquier dispositivo: PCs, Tablets o Smartphones local o remotamente siempre y cuando cuente con conexión a internet. El modelo para su instalación se muestra en la Figura 48.

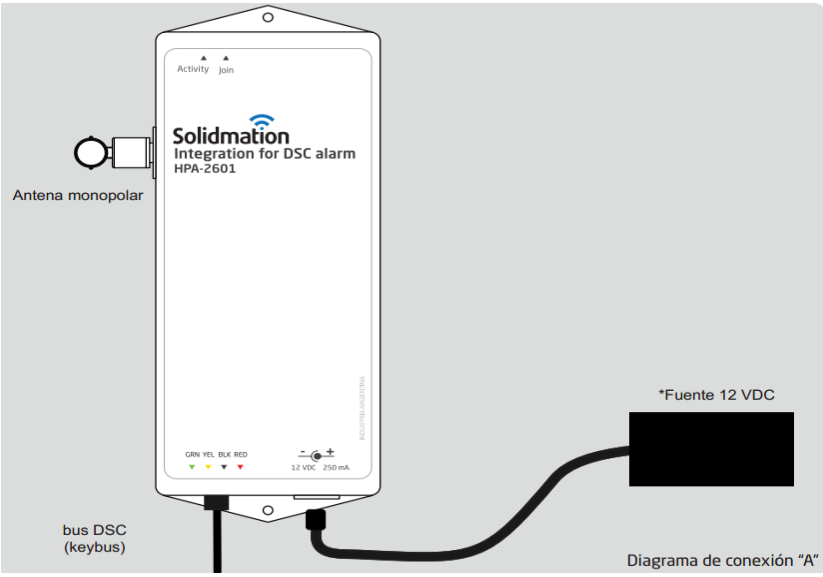


Figura 48. Instalación eléctrica para HPA-2601.

***Fuente**: Solidmation S.A. (2013). Solidmation-MA-HPA-2601_V3-Installation_Manual-00-ES. Obtenido de http://www.solidmation.com/baul/downloads/Solidmation-MA-HPA-2601_V3-Installation_Manual-00-ES.pdf*

5.4 CONFIGURACIÓN DE LA PLATAFORMA INFORMÁTICA PARA EL CONTROL DE LOS SISTEMAS FÍSICOS

Solidmation por medio de su equipo central permite mostrar una interfaz programable usando el servidor web integrado de Habeetat Planner Designer, se puede realizar una programación sobre cada equipo en la red Zigbee y de esta manera darle la funcionalidad que se necesite.

Como se muestra en las siguientes imágenes se puede identificar el modelo y forma de programación:

Primero se debe ir a la pestaña de “Dispositivos” como se muestra en la Figura 49.

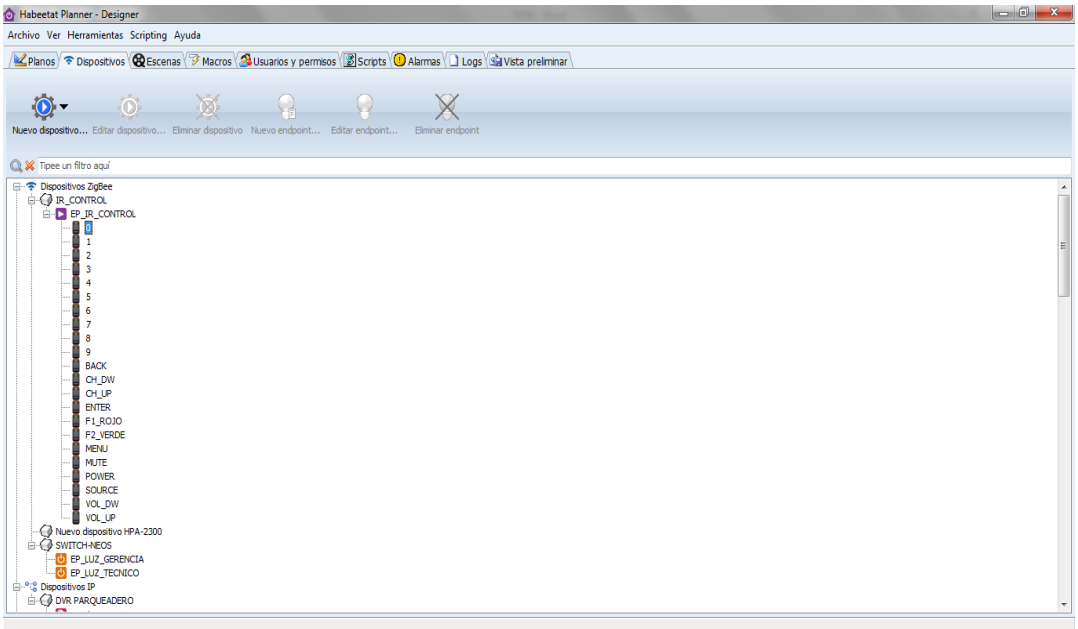


Figura 49. Identificación de dispositivos (Pestaña Dispositivos).

***Fuente**: Habeetat Planner Designer (Versión 7) [software]. (2014).Buenos Aires: Solidmation S.A.*

A continuación se debe ir al botón de nuevo dispositivo y se identificará el tipo de equipo que se va a integrar, el módulo central se encargará de rastrear los equipos que se encuentren al alcance de la red inalámbrica Zigbee (Ver Figura 50).

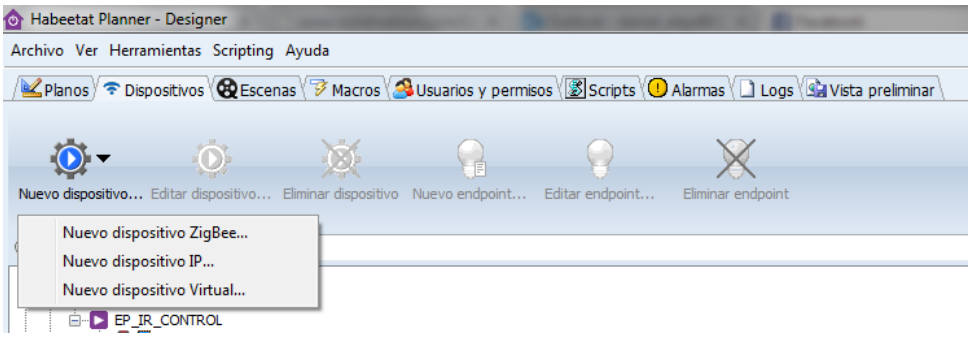


Figura 50. Agregar Nuevo Dispositivo.

***Fuente**: Habeetat Planner Designer (Versión 7) [software]. (2014).Buenos Aires: Solidmation S.A.*

El asistente de rastreo empezará a identificar los equipos automáticamente. El primer paso de búsqueda se muestra en Figura 51, y, el segundo paso para completar la acción se muestra en la Figura 52. En el caso de no encontrarlo cada equipo tiene un botón de sincronización manual (botón JOIN) con el cual logrará identificarse con el controlador central de una manera más rápida y directa.

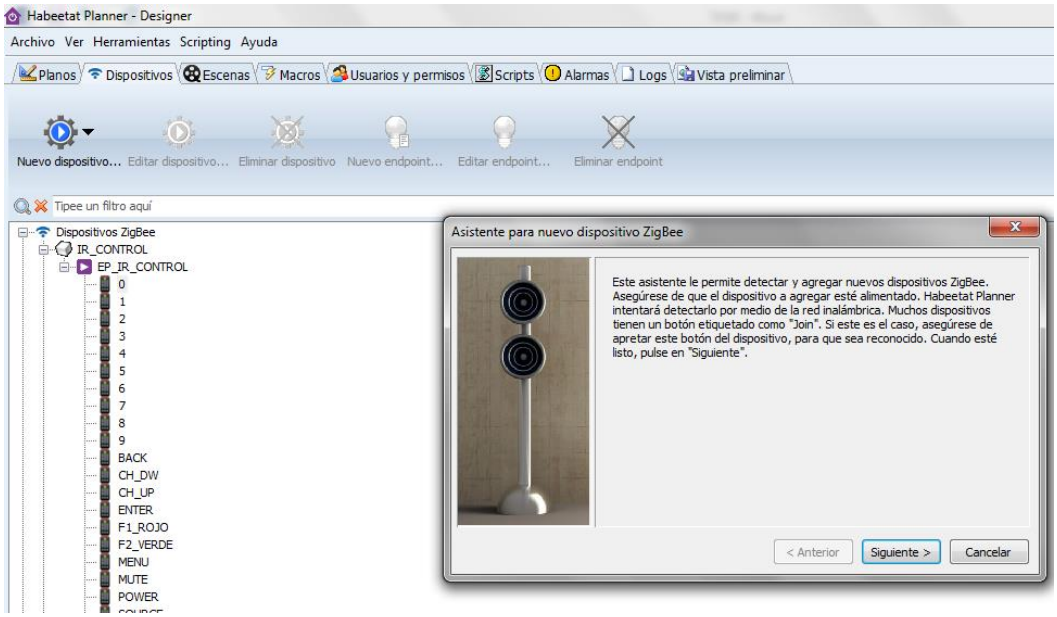


Figura 51. Asistente para agregar nuevo dispositivo.

***Fuente**: Habeetat Planner Designer (Versión 7) [software]. (2014).Buenos Aires: Solidmation S.A.*

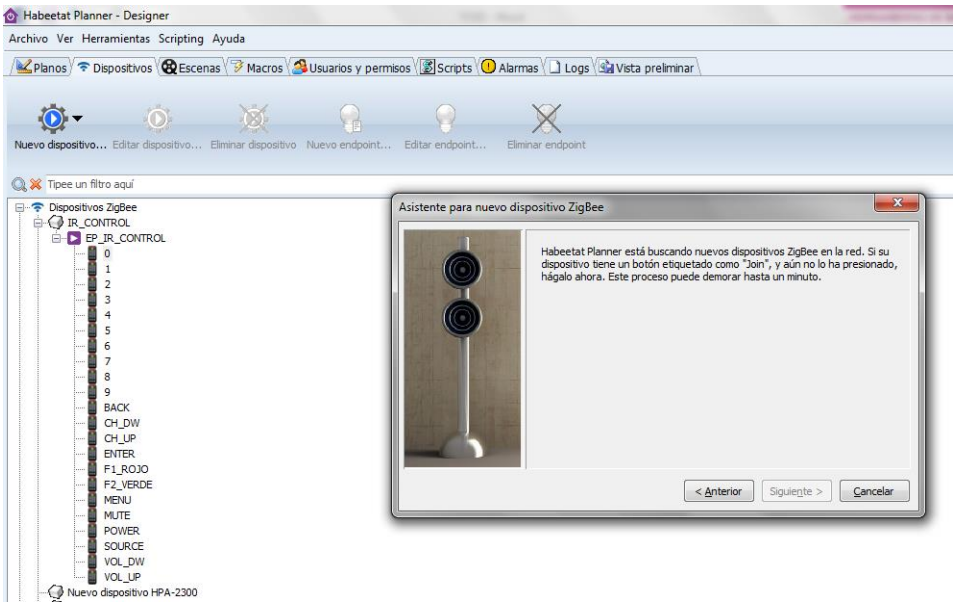


Figura 52. Búsqueda automática de nuevos dispositivos cercanos.

***Fuente**: Habeetat Planner Designer (Versión 7) [software]. (2014).Buenos Aires: Solidmation S.A.*

A partir de la identificación de los módulos ZigBee, se programará visualmente siendo necesario dirigirse a la pestaña “Planos”. Dentro de cada plano[7] se puede insertar imágenes para ayudar al usuario final a interactuar con la interfaz.

Para determinar las acciones del Endpoint[8] que trabajará con el actuador final se debe dar doble clic sobre el equipo reconocido y desplegará una ventana como la mostrada en la Figura 53.

[7] Plano: Pagina web configurable para la interacción con los usuarios.

[8] Endpoint: Dispositivo final Zigbee de funcionalidad completa. Permite la interacción directa con los actuadores finales (e. g., lámparas, motores, entre otros).

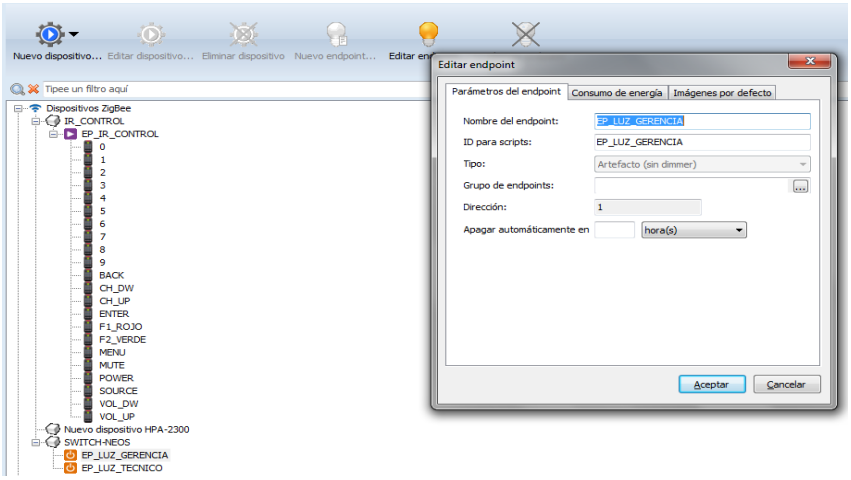


Figura 53. Configuración de Endpoint o Endpoints de un dispositivo.

***Fuente**: Habeetat Planner Designer (Versión 7) [software]. (2014).Buenos Aires: Solidmation S.A.*

Es opcional asignar un nombre al Endpoint para que pueda ser identificado en la programación visual y de igual manera un ID para script (Ver Anexo E.15) con el cual se podrá realizar una programación más específica por medio de un lenguaje de programación, como: VBScript, JScript o Pascal.

Otro campo en la descripción del equipo es Tipo, dependiendo del Endpoint que se haya identificado, el sistema reconoce si está en la capacidad de dimerizar o si sólo presenta estado de cambio ON/OFF, automáticamente adquiere una dirección dependiendo de la identificación y además se puede programar el tiempo en el que se apaga automáticamente ya sea en: horas, minutos, segundos.

Después de realizar la identificación y programación inicial del Endpoint a utilizarse, se puede desarrollar la interfaz por medio de la pestaña planos e integrarlo para su funcionamiento (Ver Figura 54).

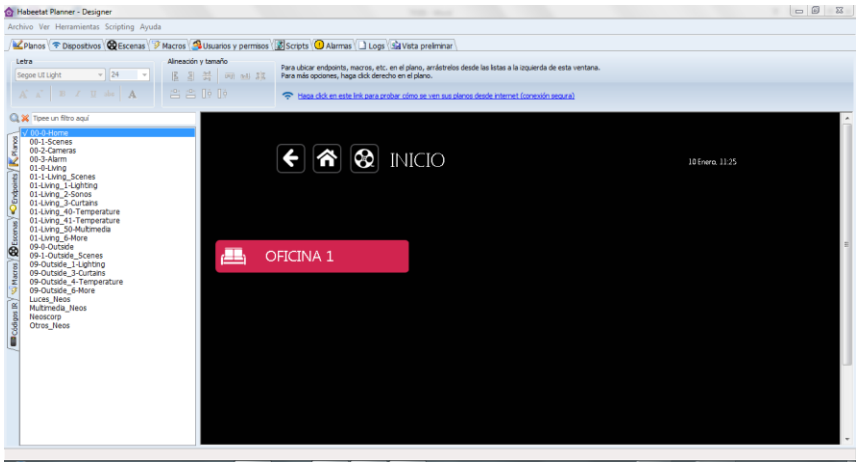


Figura 54. Visualización de planos para programación de interfaz.

***Fuente**: Habeetat Planner Designer (Versión 7) [software]. (2014).Buenos Aires: Solidmation S.A.*

Para añadir los módulos ya identificados será necesario dirigirse a la pestaña de Endpoints y se debe arrastrar hacia el panel de la interfaz. Cuando sean Endpoints referentes a luminarias por defecto aparecerá la imagen de un foco el cual permitirá interactuar para determinar su estado (ON/OFF).

De igual manera se puede añadir imágenes personalizadas para crear vínculos hacia diferentes planos como se puede ver en la Figura 55, se tiene la opción de regresar atrás (), de ir a inicio (), planos para luces, cámaras, etc.

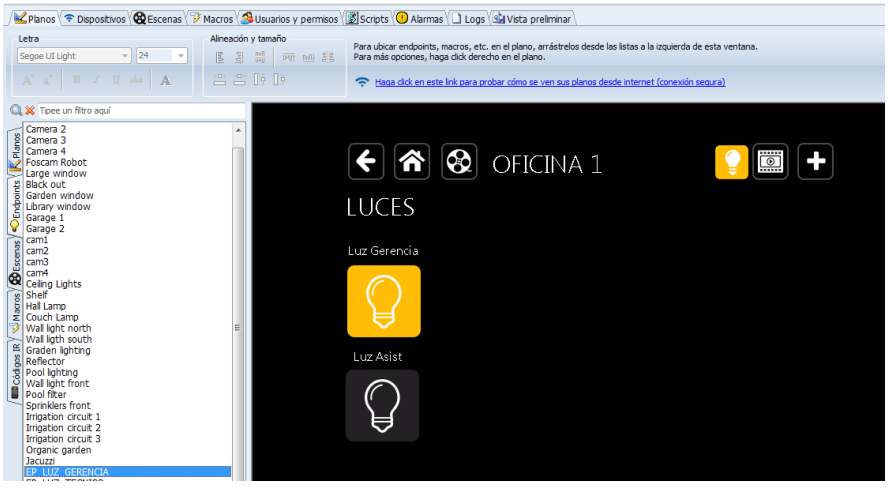


Figura 55. Visualización de imágenes en un plano de la interfaz.

***Fuente**: Habeetat Planner Designer (Versión 7) [software]. (2014).Buenos Aires: Solidmation S.A.*

Las opciones para cambiar la imagen del ícono (o programar los eventos que realizará), se despliegan luego de dar un “doble clic” sobre la imagen. En la Figura 56 se muestra un ejemplo de programación del botón “atrás”, los eventos se han configurado de tal manera que al hacer un clic muestre el plano anterior.

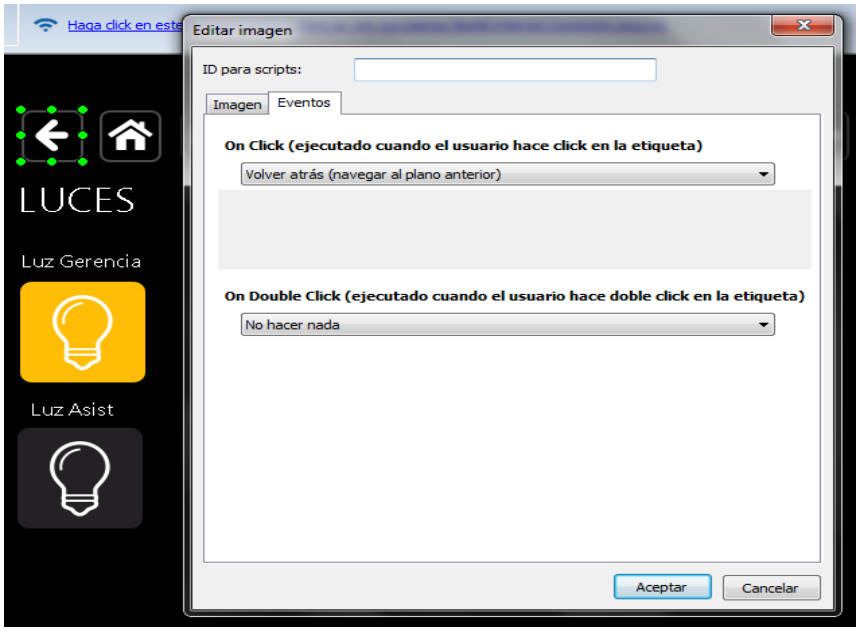


Figura 56. Configuración de eventos sobre una imagen.

***Fuente**: Habeetat Planner Designer (Versión 7) [software]. (2014).Buenos Aires: Solidmation S.A.*

Adicional a esto se puede realizar un plano en la interfaz donde se consigue desarrollar uno o varios accesos directos como se muestra en la Figura 57. Para el primer caso se ilustran íconos para control de luces, audio, cortinas o cualquier elemento que cuente con un motor para su desplazamiento, control de calefacción o aire acondicionado (temperatura), multimedia, y otros (en este campo se puede incorporar seguridad, cerraduras, controles infrarrojos, etc.).

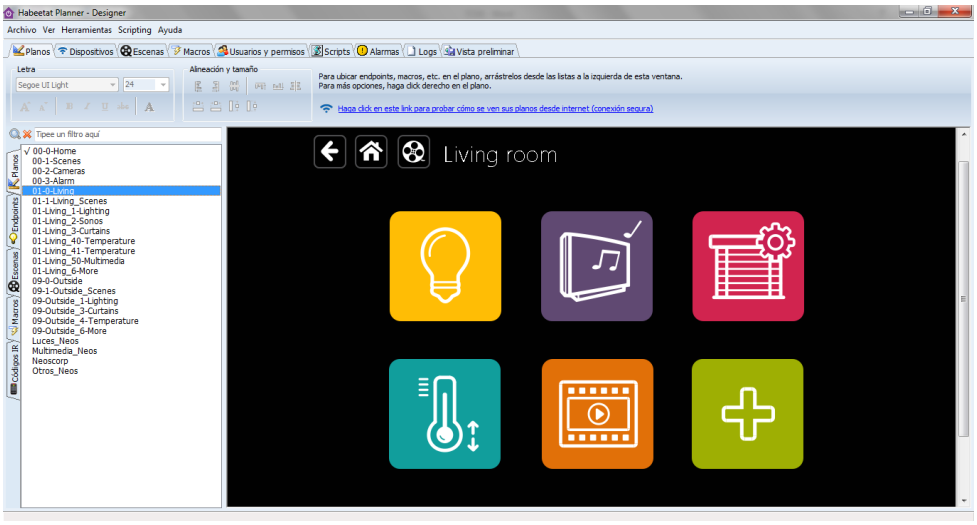


Figura 57. Plano de submenús compuesto de interfaz.

***Fuente**: Habeetat Planner Designer (Versión 7) [software]. (2014).Buenos Aires: Solidmation S.A.*

Los planos configurados pueden ser modificados para cada ocasión. El caso propuesto dentro del sistema inteligente incluirá la integración de luminarias, motores, cámaras y cerraduras (Ver Figuras 58 y 59).

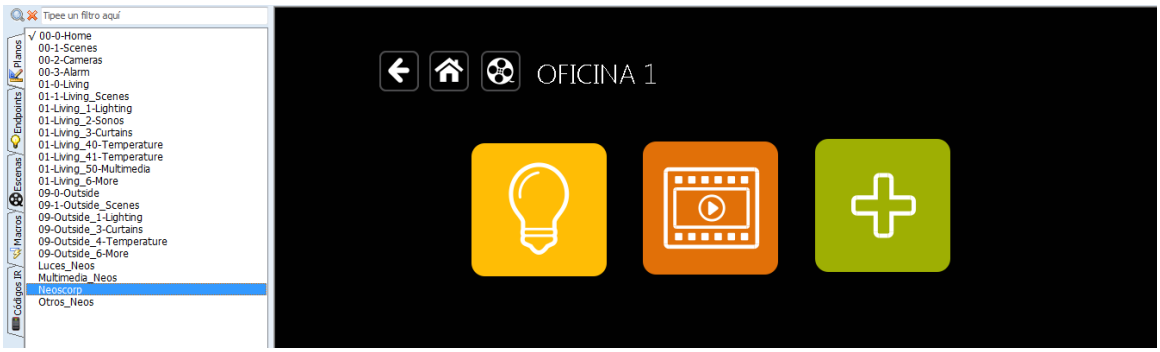


Figura 58. Plano de submenús para el sistema de Edif. Shalom.

***Fuente**: Habeetat Planner Designer (Versión 7) [software]. (2014).Buenos Aires: Solidmation S.A.*

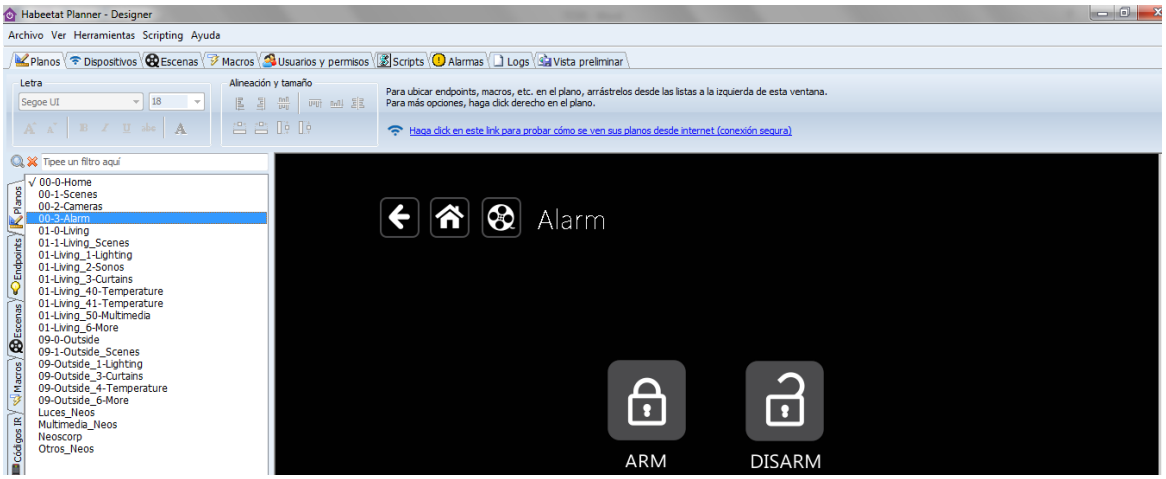


Figura 59. Plano de activación/desactivación de seguridad.

***Fuente**: Habeetat Planner Designer (Versión 7) [software]. (2014).Buenos Aires: Solidmation S.A.*

Para dar una solución puntual en casos específicos, el software permite brindar una función más avanzada a cada uno de los dispositivos de manera particular por medio de lenguajes de programación VBScript, JScript o Pascal, con lo cual se asocia distintas funciones (escenas o macros) para generar múltiples controles (Ver Figuras 60 y 61).

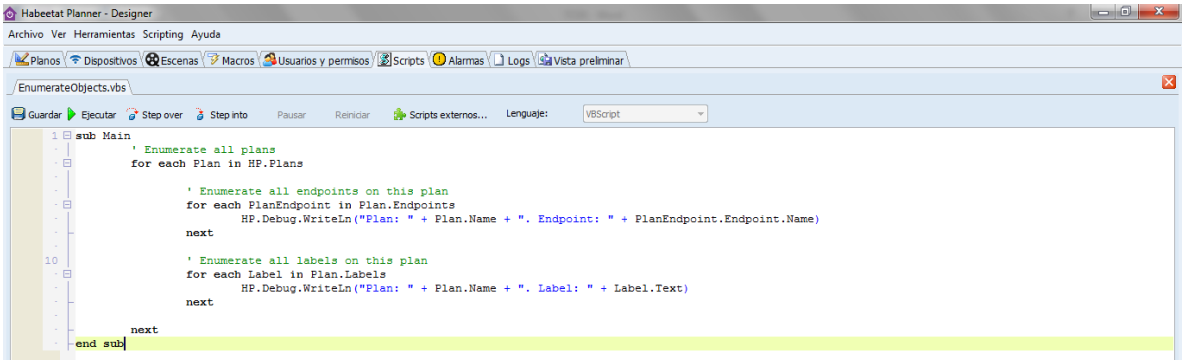


Figura 60. Ejemplo de programación en VBScript.

***Fuente**: Habeetat Planner Designer (Versión 7) [software]. (2014).Buenos Aires: Solidmation S.A.*

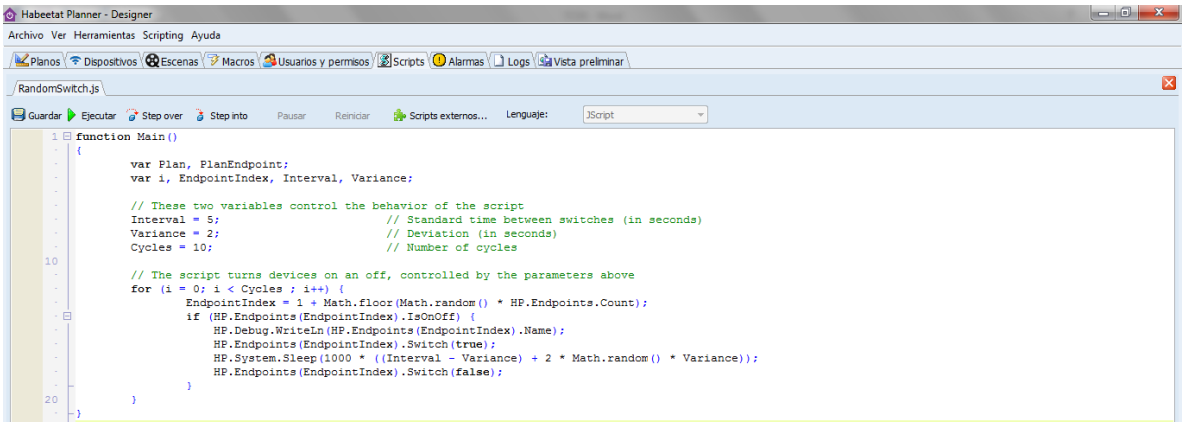


Figura 61. Ejemplo de programación en JScript.

***Fuente**: Habeetat Planner Designer (Versión 7) [software]. (2014).Buenos Aires: Solidmation S.A.*

También se debe considerar que para estas funciones específicas el software permite crear condiciones mediante dispositivos virtuales, con los cuales se modela funciones de retroalimentación o de igual manera modelos de algoritmos inteligentes. Todas estas funciones pueden ser adaptadas con el algoritmo de agente de reflejo simple, determinado para la implementación de este proyecto en la sección 4.8.

Esta programación mediante dispositivos virtuales se presenta de forma visual y permite la programación de macros con las cuales se cumplirá una función, o una serie de funciones, siguiendo varios pasos a través de los condicionantes (Ver Figura 62), o desencadenadores (Ver Figura 63). Es posible también el uso de escenas (Ver Figura 64) los cuales integran una serie de pasos en una sola función. Estas dos herramientas permiten desarrollar funciones más específicas para el sistema de control y sensado como es el algoritmo de reflejo simple.

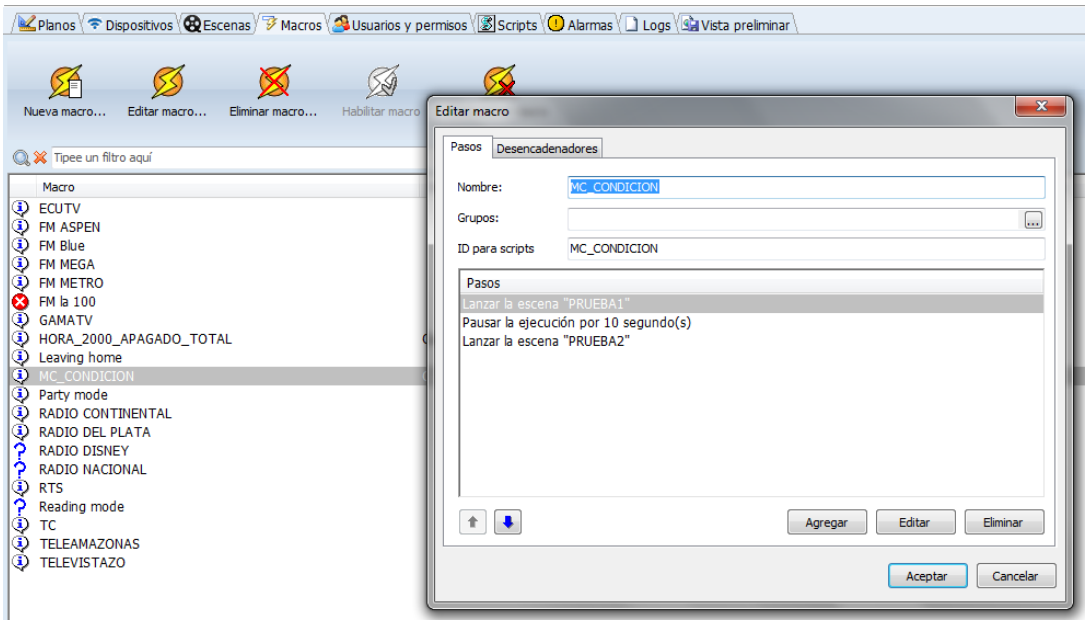


Figura 62. Menú de programación de una macro.

***Fuente**: Habeetat Planner Designer (Versión 7) [software]. (2014).Buenos Aires: Solidmation S.A.*

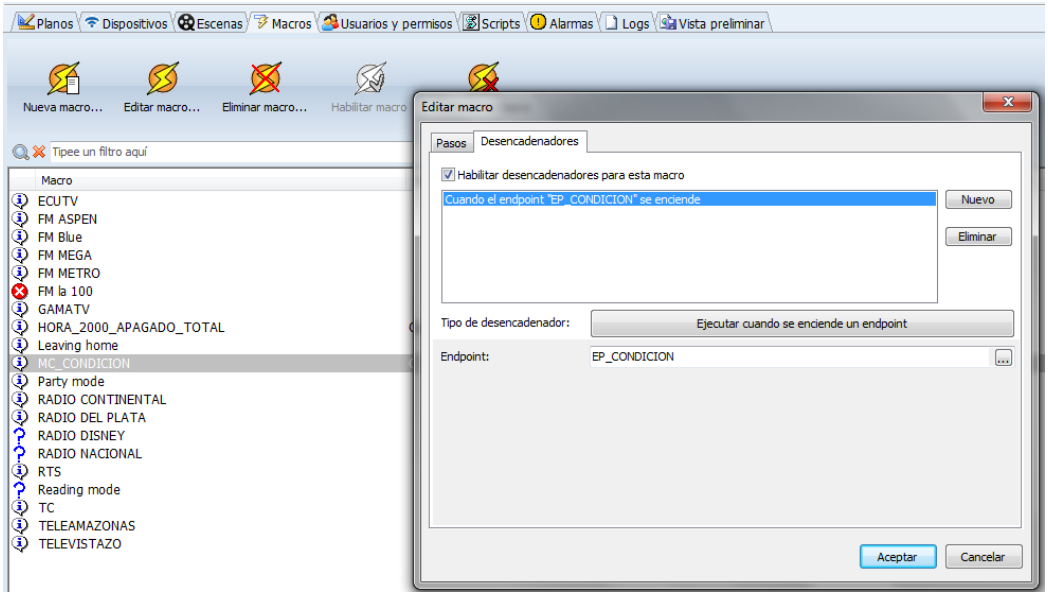


Figura 63. Programación de un desencadenador en una macro.

***Fuente**: Habeetat Planner Designer (Versión 7) [software]. (2014).Buenos Aires: Solidmation S.A.*

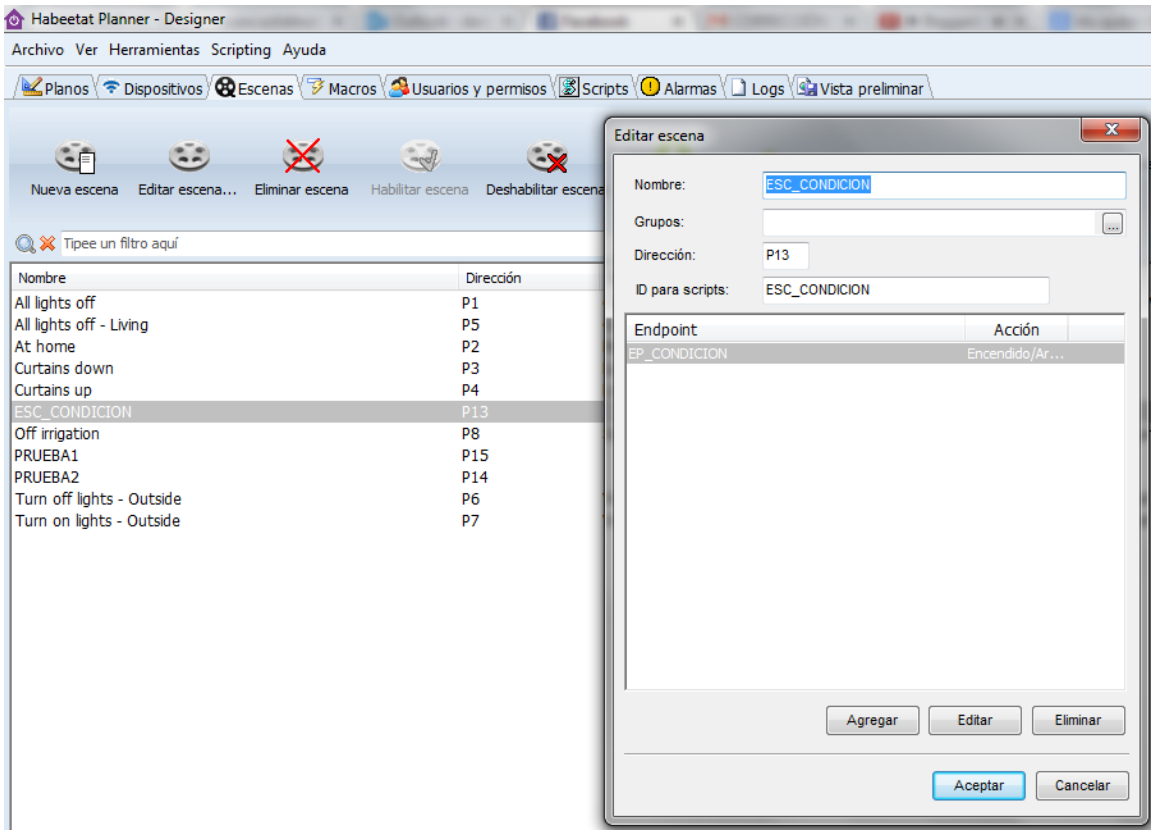


Figura 64. Menú de programación de una escena.

***Fuente**: Solidmation S.A., 2013*

Se pueden elaborar distintas funciones, ya sea supervisada para cumplir una secuencia mediante escenas o macros y Endpoints o dispositivos virtuales; o no supervisadas con un control directo simple ON/OFF controlado manual o remotamente.

5.5 DESARROLLO Y PROGRAMACIÓN APLICADO EN EL SISTEMA INTELIGENTE DE CONTROL Y SENSADO PARA EL EDIFICIO SHALOM

La programación empleada para el estacionamiento con el fin de aumentar el confort y disminuir el consumo eléctrico en luminarias inicia con la decisión que deberá tomar el sistema de acuerdo al nivel de iluminación (Ver Figura 65). Si el umbral de iluminación[9] está por debajo del nivel del día y el motor de la puerta es activado, se abrirá la puerta y las luces se encenderán automáticamente durante un período de tiempo establecido, luego se apagarán. Si el nivel de luz se encuentra en el rango de día solamente abrirá la puerta.

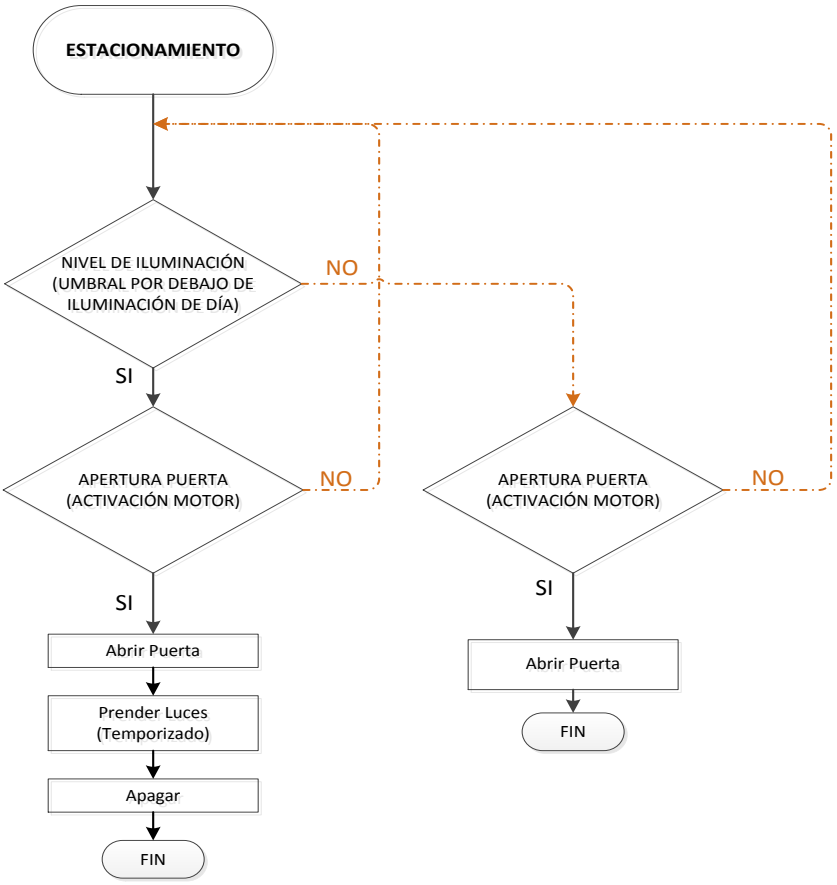


Figura 65.Diagrama de programación luminarias estacionamiento

[9] El umbral para el edificio se ha establecido de acuerdo a la iluminación natural en el edificio, entre el 100 % (nivel máximo) y el 45% como iluminación natural del día y nivel inferior al 35% como nivel de tarde y noche donde es necesario el uso de lámparas.

En las gradas del edificio se parte del mismo principio de iluminación para el estacionamiento (Ver Figura 66). Si el nivel de iluminación está por debajo del umbral de iluminación del día se activarán los sensores que permiten el encendido de las lámparas si se detecta movimiento. Si el nivel de iluminación esta sobre el umbral el sistema volverá al punto inicial esperando el cambio en el entorno. La segunda decisión se da en el caso inverso donde las lámparas con sensor se encuentran encendidas para la tarde y noche, y esperan que el nivel de luz esté en el rango diurno para apagarse o a través del horario limite (6:00 AM) donde el sistema actuará enviando la directiva de apagado automático para las luces.

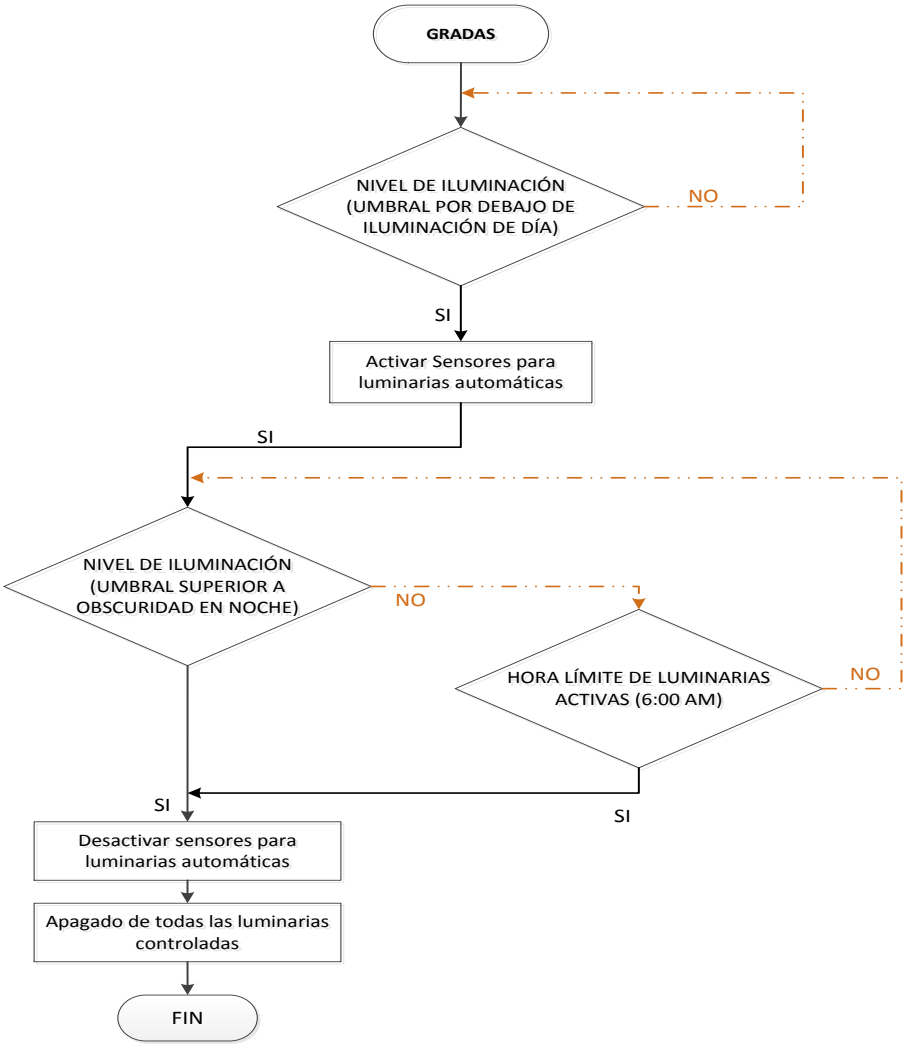


Figura 66. Diagrama de programación luminarias gradas

En las oficinas el sensor de iluminación y la hora límite (8:00 PM) generarán las dos decisiones que el sistema deberá tomar. Si el nivel está por debajo del umbral se activarán las luminarias caso contrario volverá al punto inicial. La segunda decisión apagará las luminarias si se cumple la condición de hora límite, si esta decisión no se cumple volverá al punto anterior a la espera de la condición. La Figura 67 muestra las condiciones mencionadas anteriormente para controlar la iluminación en las oficinas.

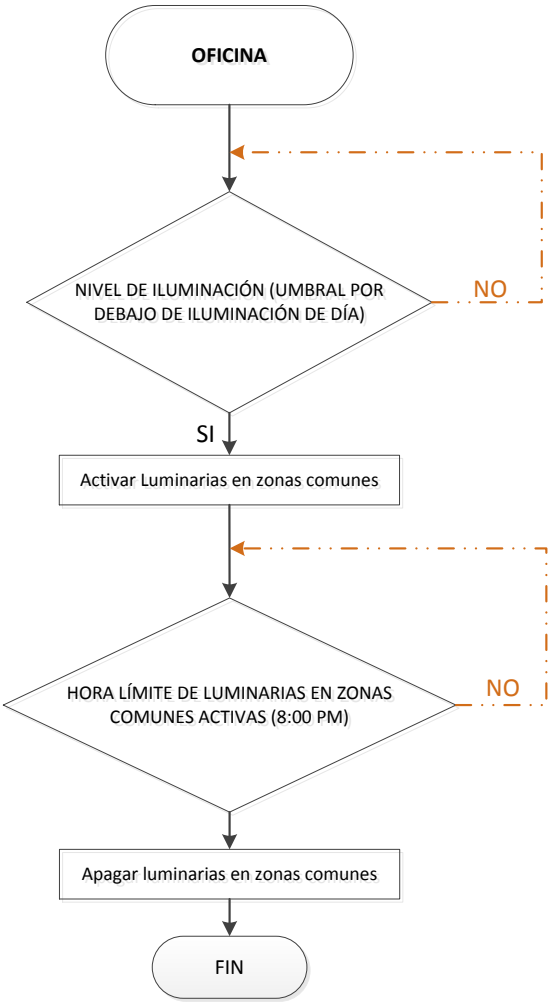


Figura 67. Diagrama de programación luminarias oficina.

En el caso de los departamentos, si el nivel de iluminación es inferior al umbral de día, la condición “hora de activación” (12:00 AM) se cumple y si detecta movimiento en las zonas comunes (Cocina, sala y comedor) se activarán las luminarias correspondientes. Para el efecto de las dos primeras decisiones si no

se cumplen las condiciones el sistema volverá al punto inicial. En la tercera decisión "sensores de movimiento" el sistema esperará al cambio de estado de los sensores. La Figura 68 expone el control que brindará el sistema hacia los departamentos.

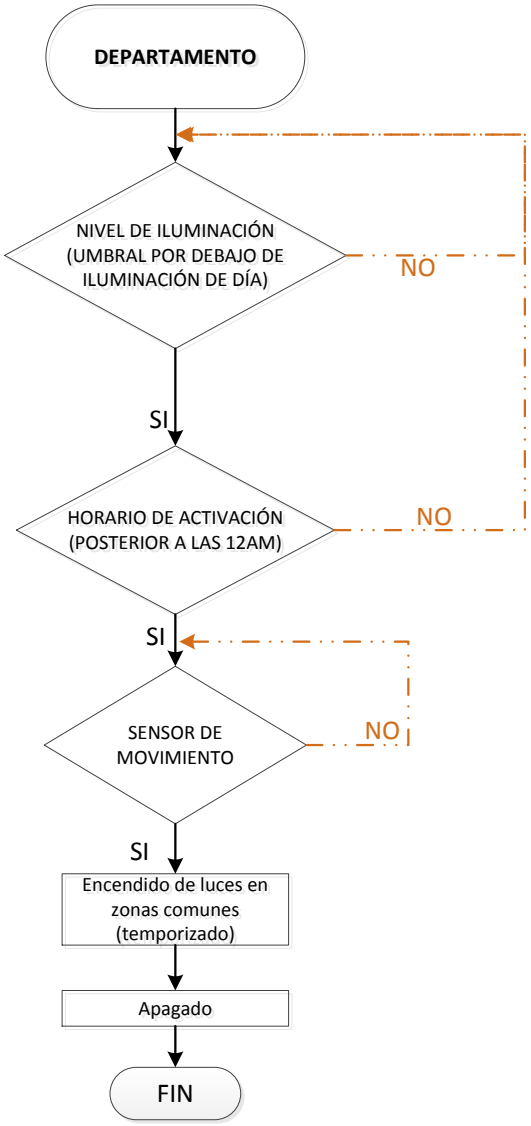


Figura 68. Diagrama de programación luminarias departamento.

El sistema de seguridad aplicado en los departamentos (Ver Figura 69) corresponde al algoritmo de agente de reflejo simple y a la función expuesta en la sección 4.8 en la Figura 38.

Las condiciones de inicio permitirán al sistema tomar acciones necesarias complementadas, a través de los sensores para conocer el estado del entorno

actual. Los efectores son los dispositivos finales que actuarán (cerradura digital, luminarias y alarma) a partir de las decisiones del sistema.

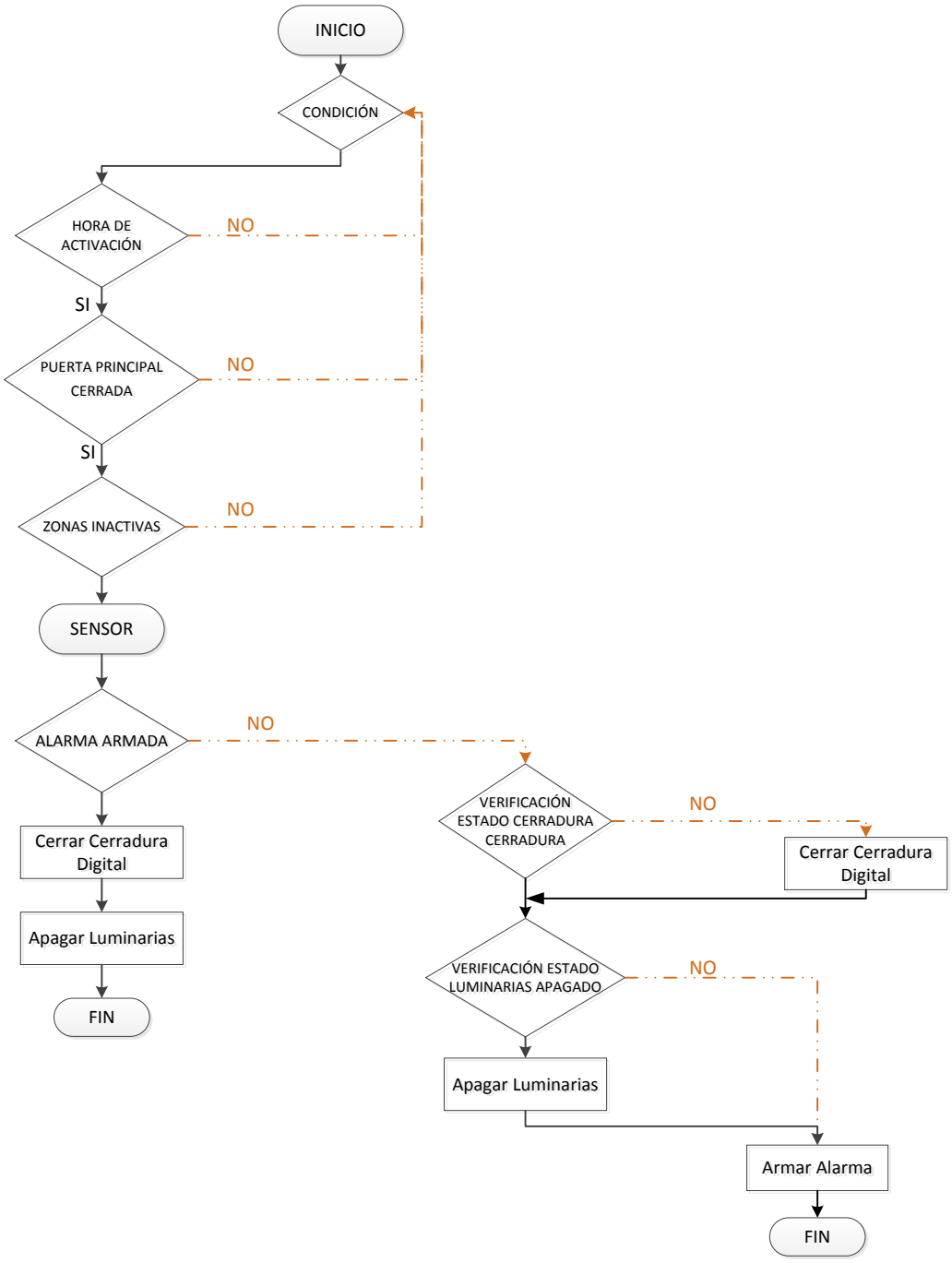


Figura 69. Diagrama de programación sistema de seguridad departamento.

CAPÍTULO 6. DESARROLLO DE LA INTERFAZ DE CONTROL (HMI)

6.1 DESARROLLO DE UNA INTERFAZ DE CONTROL SIMPLE PARA EL CONTROL DE USUARIO FINAL

Las plantillas que ofrece el software de Solidmation S.A. permiten realizar de una manera más efectiva e intuitiva la interfaz para el usuario final. Cada plano es programable para incluir las necesidades y los campos necesarios (luces, seguridad, temperatura, multimedia, etc.). Se utilizará la interfaz para facilitar la aplicación de luces, seguridad y una función donde se incluye el sistema de CCTV (visualización en vivo de cámaras en el estacionamiento para la organización del mismo).

Para esta configuración es necesario identificar los Endpoints de cada equipo de la marca Solidmation S.A. de una manera adecuada, tal como se mencionó en la sección 5.4. Dependiendo del uso y el número de salidas del equipo, se dispondrá del número de Endpoints para agregarlos dentro de la programación visual de la interfaz (identificándolo con un nombre en el ID del Endpoint).

Para la programación también se dispondrá de las pestañas de escenas, macros y códigos IR (Ver Figura 70), las cuales también deben ser bien identificadas para su uso.

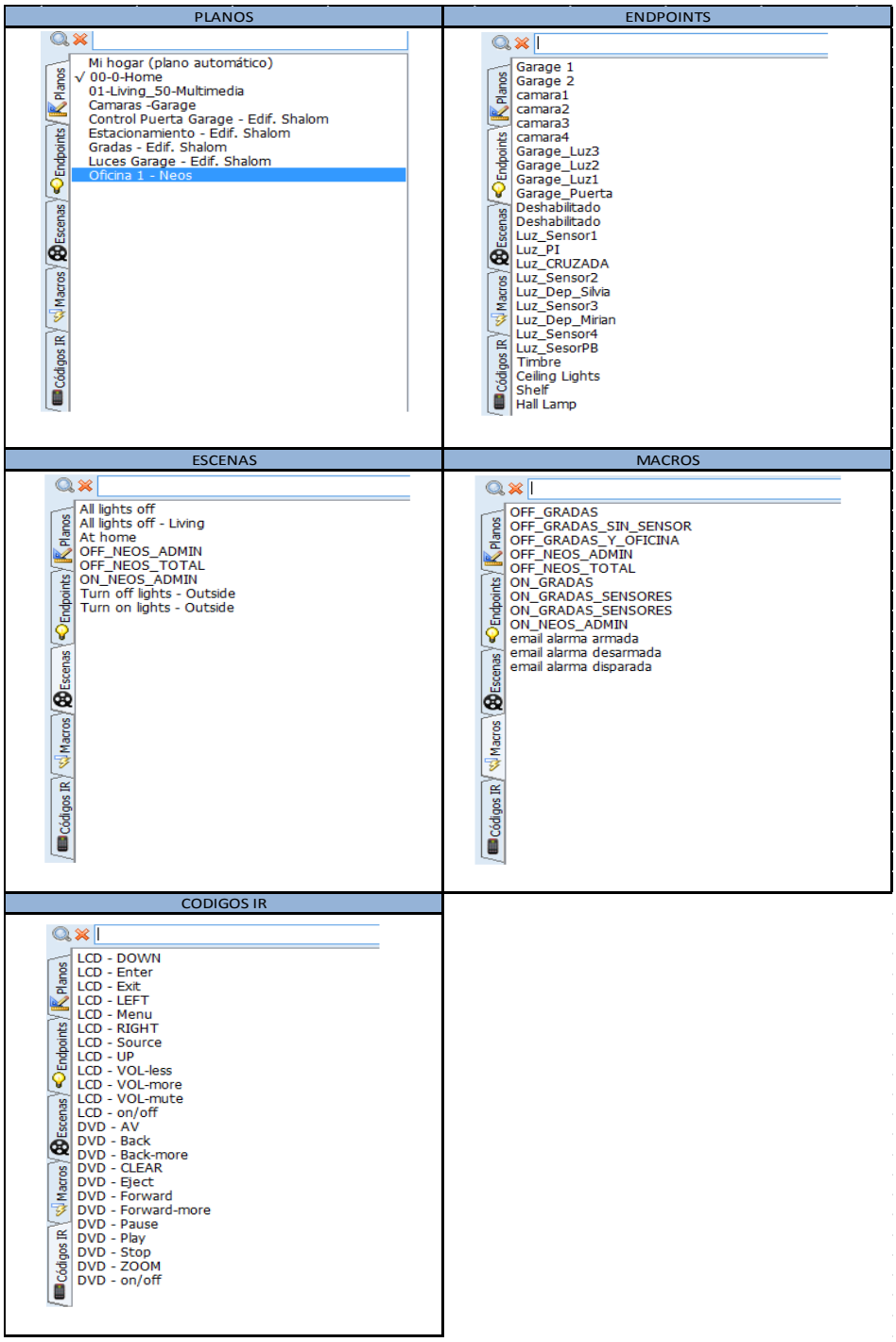


Figura 70. Menú de selección de planos, Endpoints, Escenas, Macros y códigos IR.

***Fuente**: Habeetat Planner Designer (Versión 7) [software]. (2014).Buenos Aires: Solidmation S.A.*

Cada uno de los Endpoints puede ser deslizado desde el menú hacia la pantalla de trabajo dentro de los planos de la interfaz (Ver Figura 71), de tal manera que puedan actuar como un botón de accionamiento al momento en el que el usuario final lo utilice.

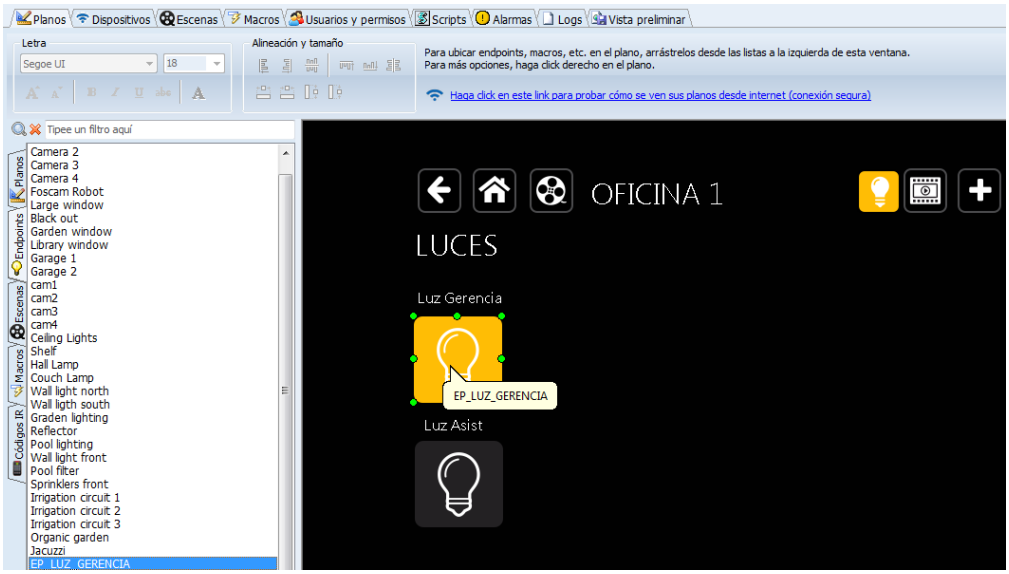


Figura 71. Construcción de la interfaz: Ubicación de Endpoints en plano.

***Fuente**: Habeetat Planner Designer (Versión 7) [software]. (2014).Buenos Aires: Solidmation S.A.*

El cambio de condición del Endpoint se puede visualizar por el cambio de color de la imagen por defecto (color negro apagado / color amarillo encendido), o realizando un cambio a otra imagen dentro de su configuración. Se puede encender o apagar el dispositivo conforme a la necesidad de forma remota y conocer si la luz está activada o desactivada en un horario correspondiente si se ha configurado.

En las siguientes figuras se muestra la interfaz ingresada desde un navegador web instalado en un computador personal (Ver Figuras 72, 73, 74 y 75).

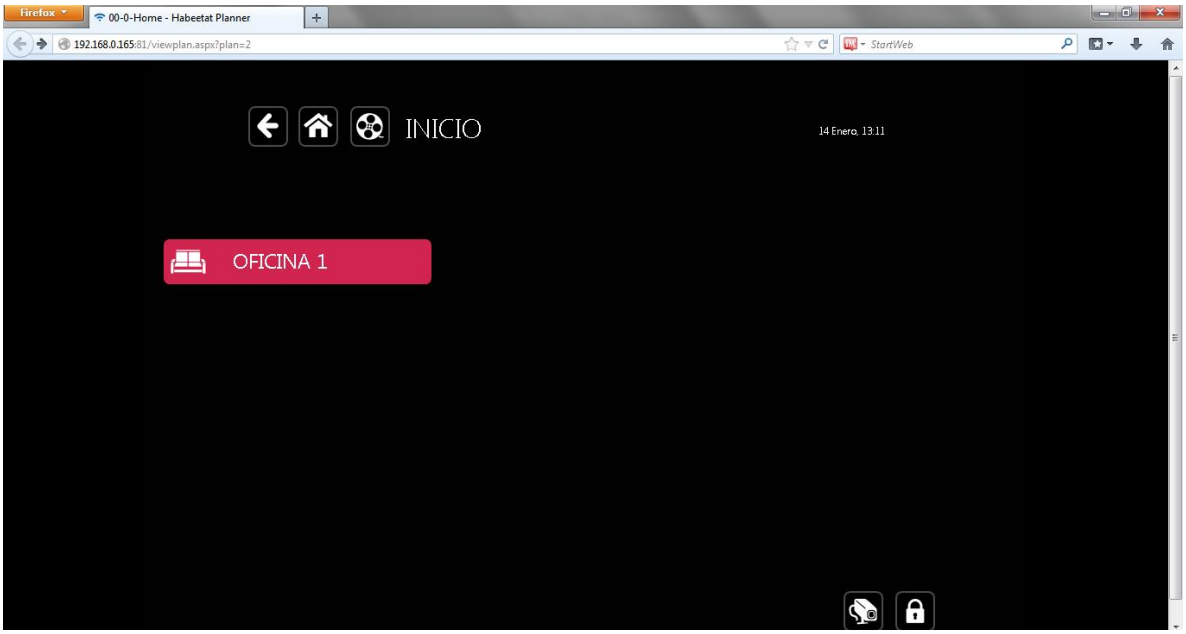


Figura 72. Interfaz de control, submenú selección de zona.

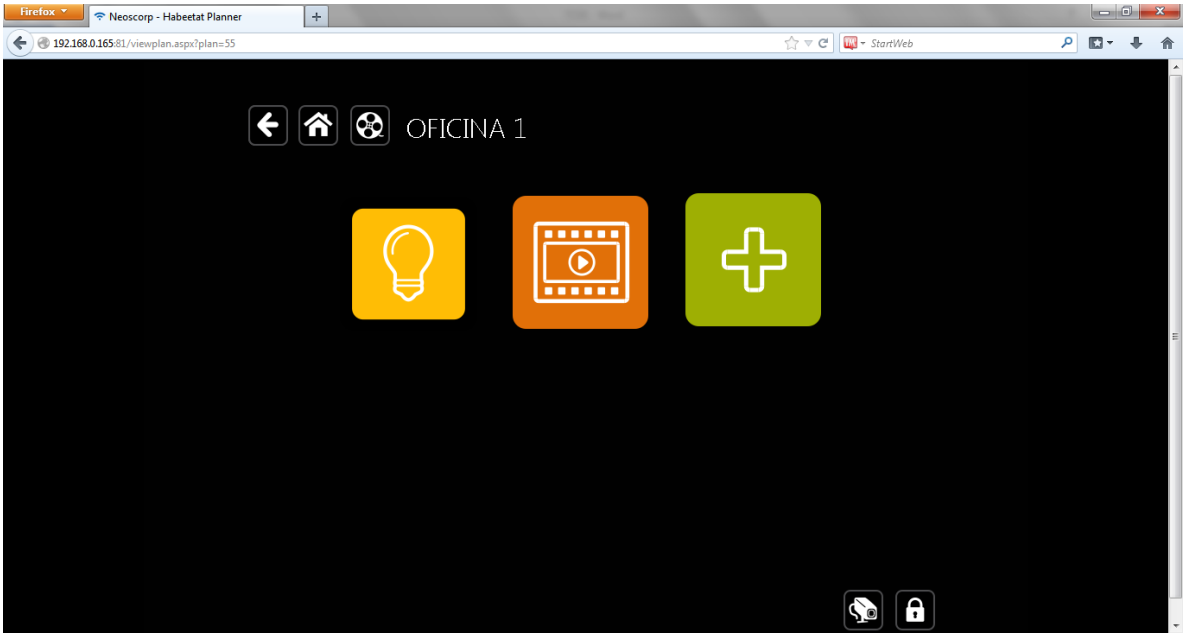


Figura 73. Interfaz de control, submenú selección de funcionalidad (aplicación).

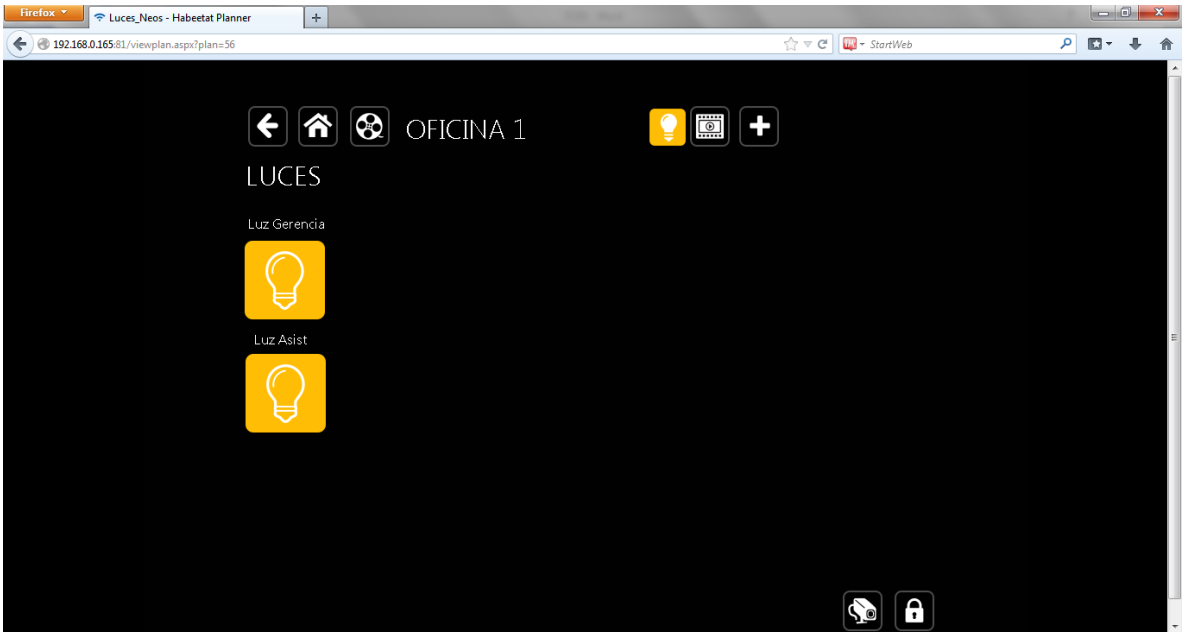


Figura 74. Interfaz de control, control de luminarias.

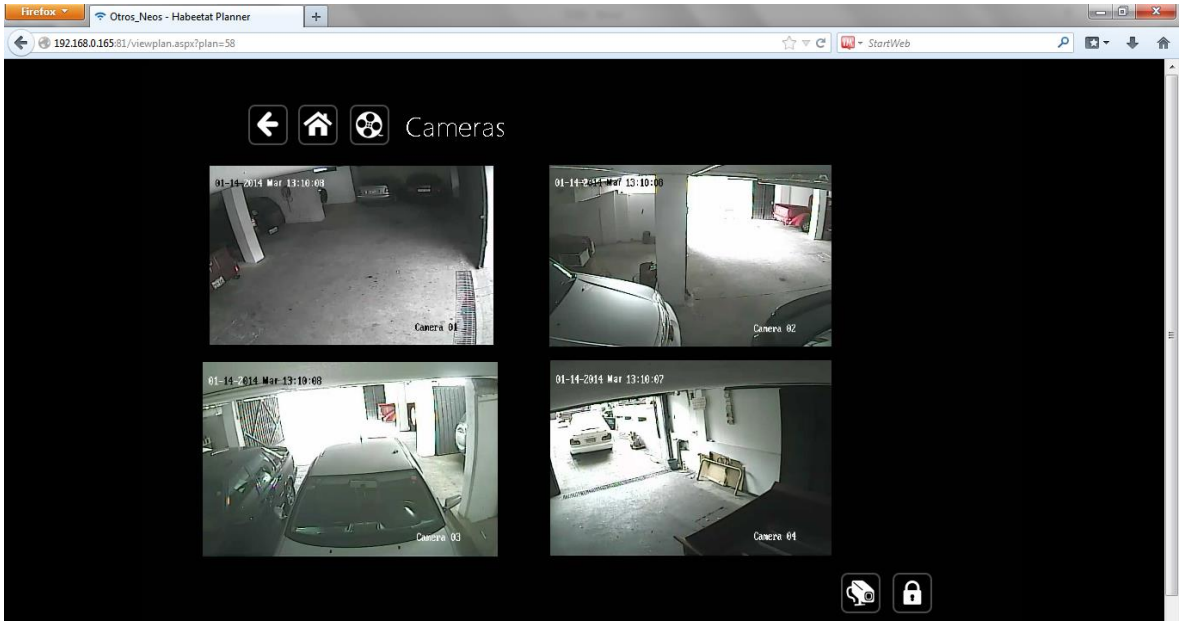


Figura 75. Interfaz de control, visualización de cámaras.

La interacción con la interfaz es bastante intuitiva, con tan solo presionar el ícono que representa al Endpoint requerido se puede determinar el estado del actuador. Así mismo, se despliega la condición en el que previamente se encontraba. La interfaz del sistema permite la navegación entre los planos para encontrar los diferentes Endpoints.

6.2 CONFIGURACIÓN DE LA PLATAFORMA WEB PARA SOPORTE DE INTERFAZ DE CONTROL

Para la configuración de la plataforma web, el software de Habeetat Planner Designer permite activar el servidor web integrado. Se seleccionará una configuración adecuada de máximo rendimiento en el caso que el controlador principal presente algún problema o reinicio, y de igual manera se puede habilitar o no el watchdog de interfaces (condición de vigilia ante una falla de conexión o comunicación en el servidor), el cual no se encuentra habilitado para esta aplicación (Ver Figura 76).

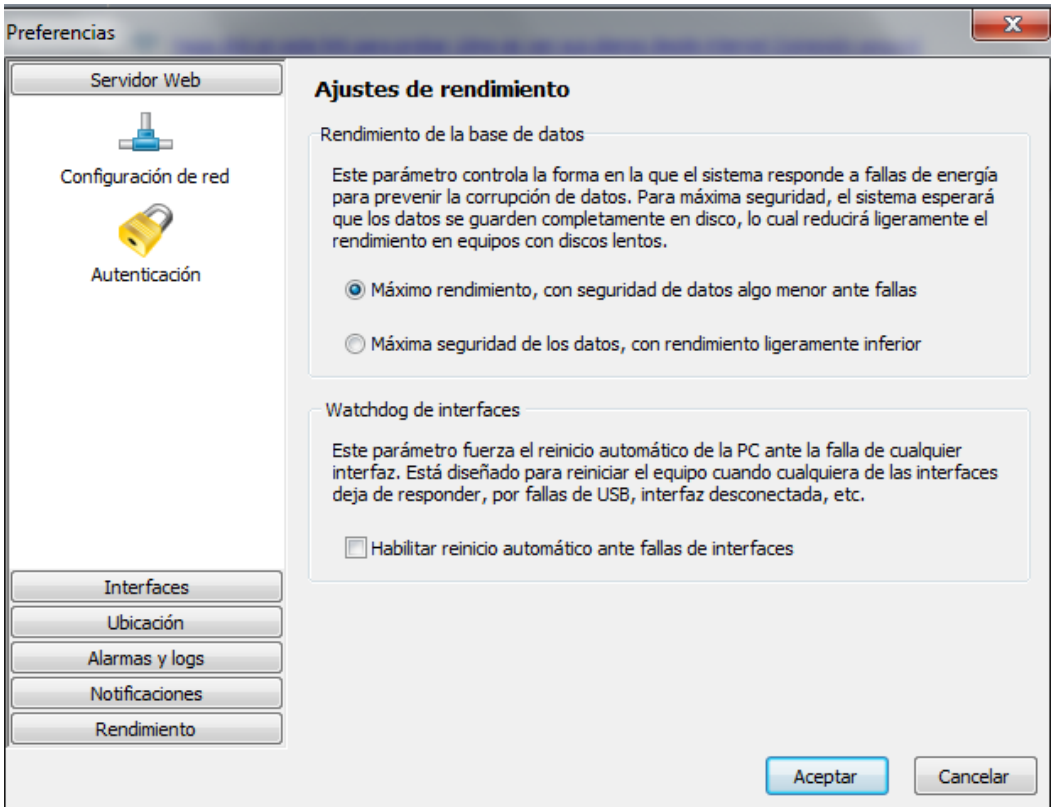


Figura 76. Preferencias de configuración de Servidor Web.

***Fuente**: Habeetat Planner Designer (Versión 7) [software]. (2014).Buenos Aires: Solidmation S.A.*

La configuración de red del servidor web permite seleccionar el puerto por el cual se publicará la interfaz, normalmente una página web se despliega por el puerto sin

seguridad (HTTP) número 80 (Ver Figura 77), o se puede direccionar hacia el puerto seguro (HTTPS) número 443 en lugar del 80.

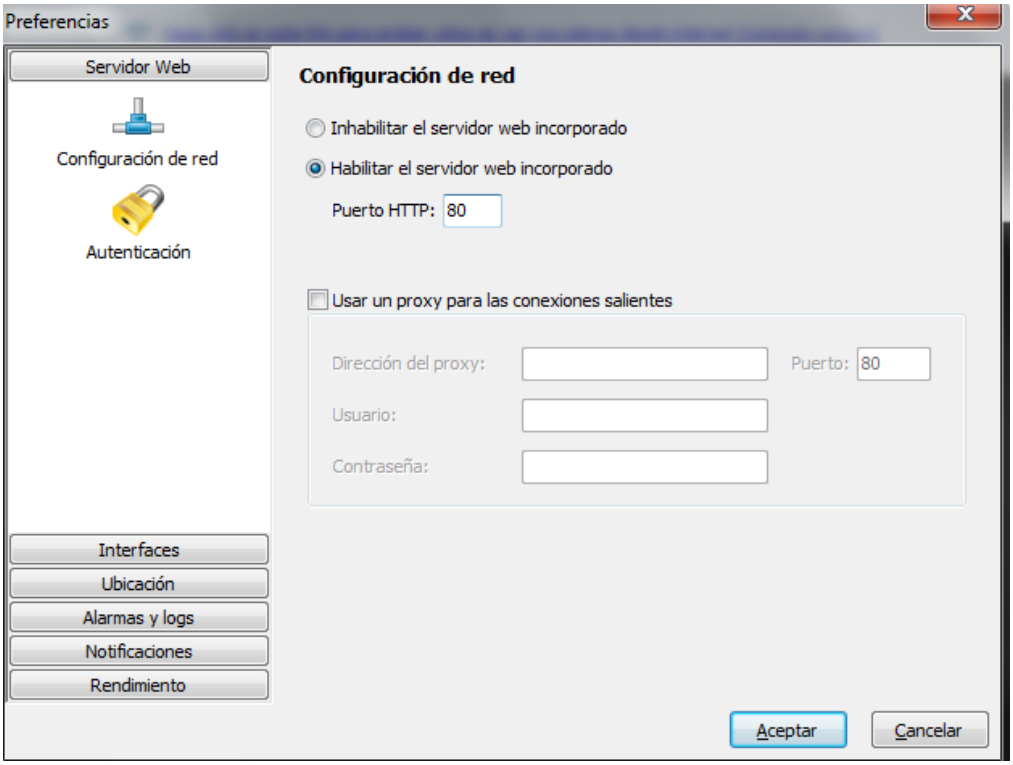


Figura 77. Configuración de puertos para el Servidor Web.

***Fuente**: Habeetat Planner Designer (Versión 7) [software]. (2014).Buenos Aires: Solidmation S.A.*

Para desplegar estos servicios en internet y acceder fuera de la red local del edificio es necesario configurar el firewall del enrutador que controla la red local. En la configuración es importante direccionar los puertos de la red local que se publicarán a través de la IP (Fija o Pública) a nivel de enlace WAN (Wide Area Network). El enrutador mostrará la interfaz de control para el puerto 80 o el puerto 443 según se configure el servicio (Figuras 78 y 79).

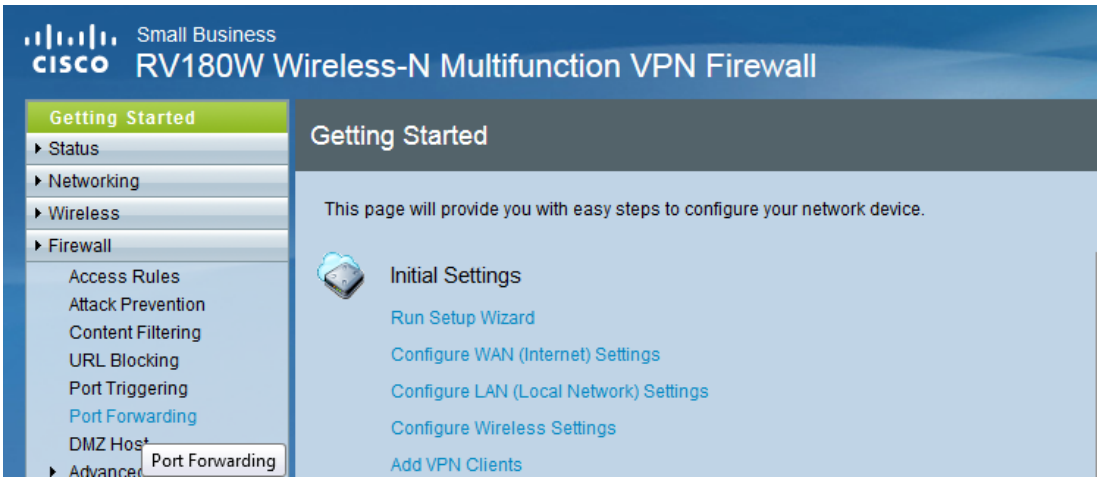


Figura 78. Configuración de Firewall - Router Cisco.

***Fuente**: RV180W Wireless-N Multifunction VPN Firewall (Versión 1.0.3.10) [software]. (2014).California: Cisco Systems, Inc.*

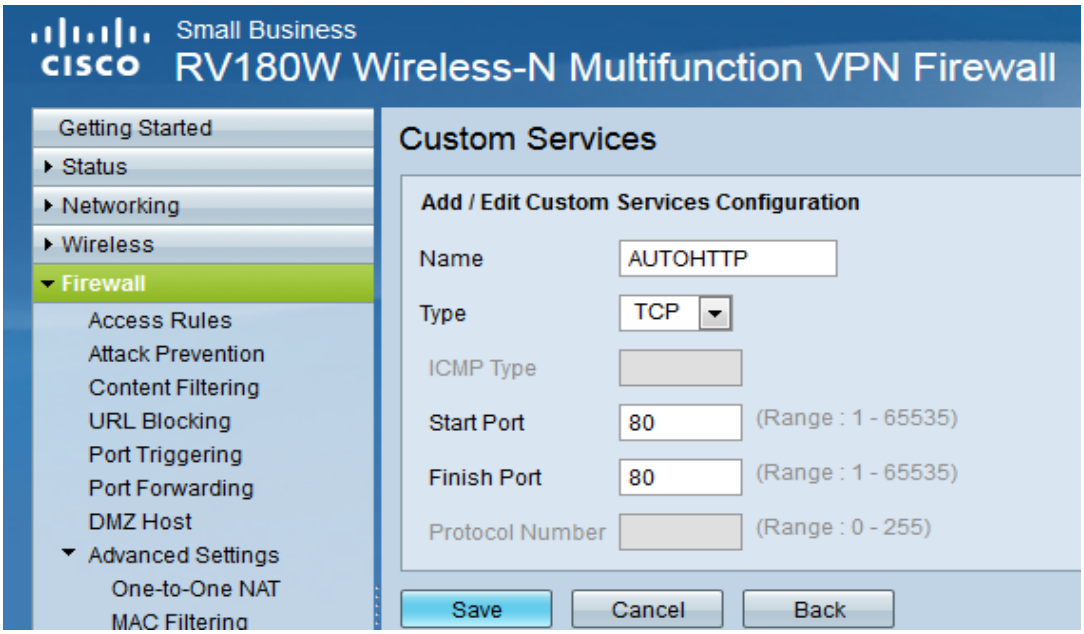


Figura 79. Configuración de servicios personalizados (Custom Services).

***Fuente**: RV180W Wireless-N Multifunction VPN Firewall (Versión 1.0.3.10) [software]. (2014).California: Cisco Systems, Inc.*

Una vez configurado el servicio se lo reconoce según la etiqueta del nombre asignado “AUTOHTTP” y el puerto destinado para esta función (Ver Figura 80).

Figura 80. Lista de servicios personalizados y puerto correspondientes.

***Fuente**: RV180W Wireless-N Multifunction VPN Firewall (Versión 1.0.3.10) [software]. (2014).California: Cisco Systems, Inc.*

Para la interconexión entre las redes LAN & WAN es necesario configurar la acción que el firewall realizará y además la dirección IP de origen (IP que realiza la solicitud de ingreso a la interfaz de control desde fuera del edificio), en la cual se permite el acceso desde cualquier ubicación (Always Allow) y en IP de origen cualquier dirección que se asigne desde el servicio configurado como “AUTOHTTP” (Any). De forma adicional se determina la dirección IP de la red local donde se encuentra el servidor web de “Habeetat Planner Designer” y el puerto interno por el cual se comunica (Ver Figura 81).

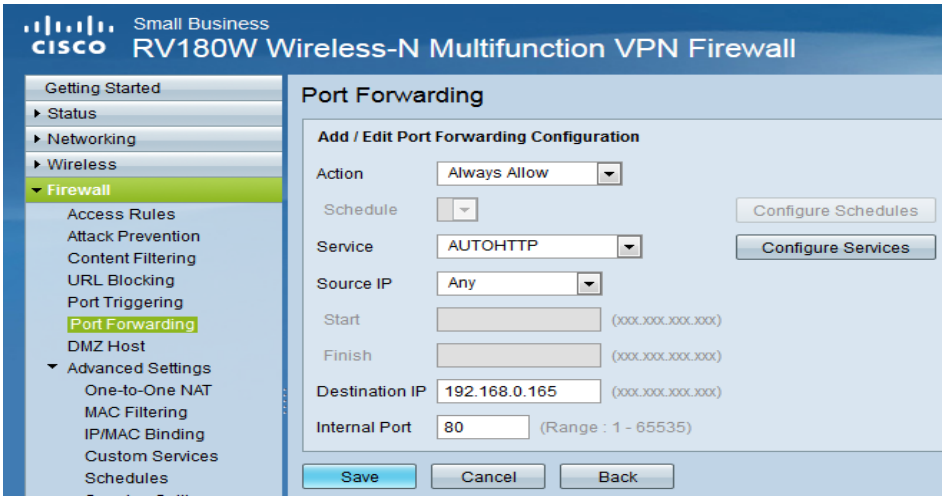


Figura 81. Configuración de la redirección de puerto a utilizarse.

***Fuente**: RV180W Wireless-N Multifunction VPN Firewall (Versión 1.0.3.10) [software]. (2014).California: Cisco Systems, Inc.*

De esta manera se obtiene la redirección del servidor web que será publicado a través de la IP Fija que manejará la interfaz del usuario y a través de ésta el sistema (Ver Figura 82).

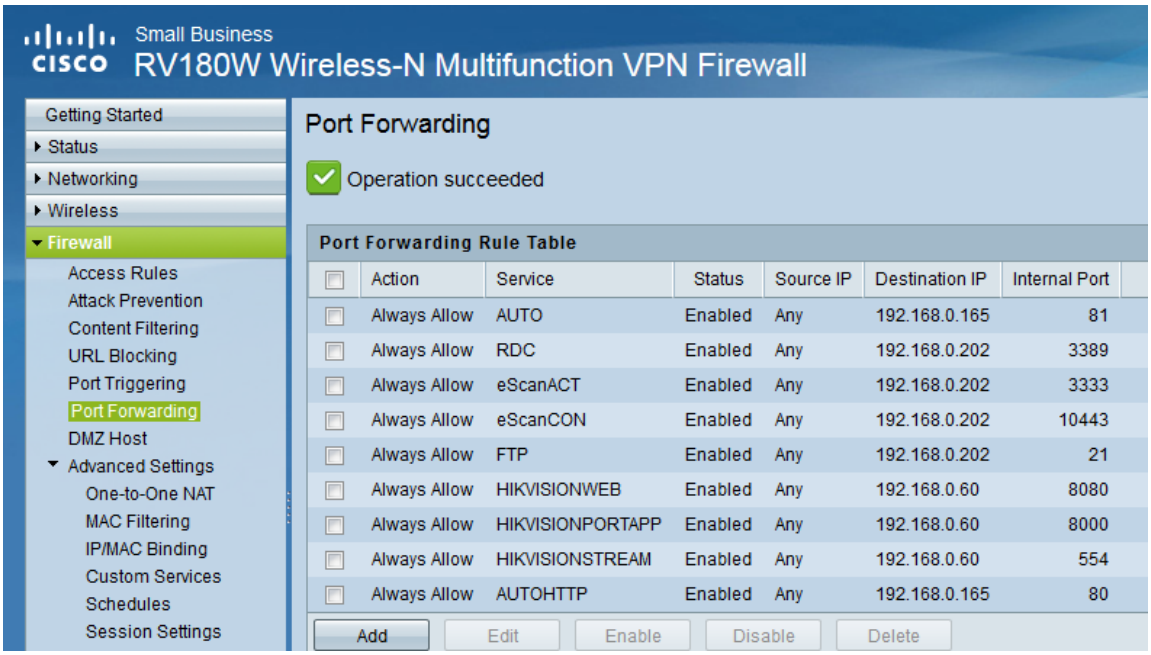


Figura 82. Lista de puertos redireccionados en Firewall.

***Fuente**: RV180W Wireless-N Multifunction VPN Firewall (Versión 1.0.3.10) [software]. (2014).California: Cisco Systems, Inc.*

6.3 CONTROL VÍA WEB DE SISTEMAS FÍSICOS

El control vía web dispone de la visualización que se desarrolla en la interfaz del usuario por medio del software de Solidmation S.A. Habeetat Planner Designer. Este diseño permite la interacción con los Endpoints de cada equipo instalado para controlar los actuadores.

Como se presenta en la Figura 83, primero se solicita el nombre de usuario y contraseña asignada previamente. Una vez que se autoriza el acceso, el sistema interactuará con los planos asignados a cada usuario y sobre las zonas que se ha programado en la interfaz (Ver Figura 84), de esta manera el usuario final encontrará un menú intuitivo para relacionarse con el sistema de una forma agradable.

Figura 83. Autentificación del acceso al sistema desde un dispositivo móvil.

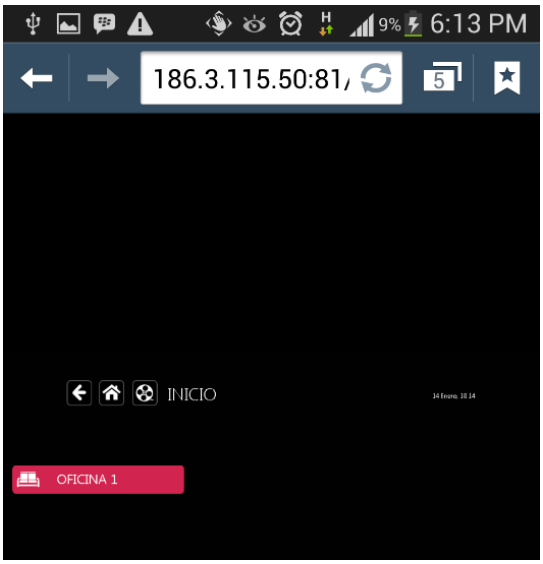


Figura 84. Selección de zona desde plataforma web.

Los accesos directos creados permiten el desplazamiento entre las diferentes instancias del sistema de control y ubicar de una manera más efectiva cada actuador en la zona respectiva, en base a la identificación de cada uno de los Endpoints configurado para cada equipo (ID del Endpoint).

En la Figura 85 se muestra el menú creado para la oficina 1B de la Torre B en la cual se desplegará las etiquetas que vinculan los submenús correspondientes.

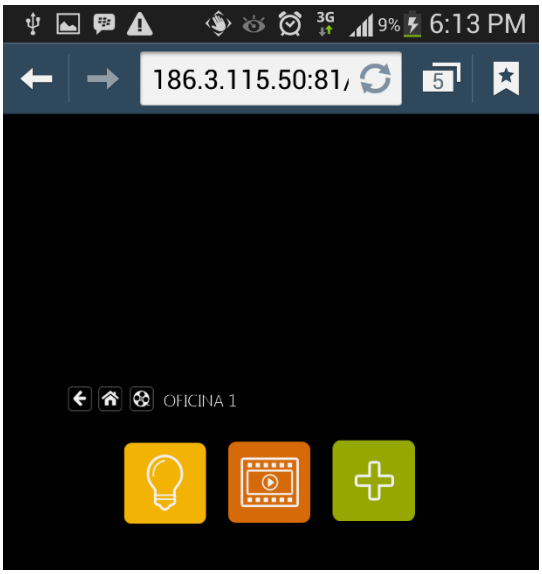


Figura 85. Menú de selección de funcionalidad (aplicación) desde plataforma web.

El primer ícono interactúa con los Endpoints correspondientes a luces del lugar o zona que se está controlando. El submenú asociado se muestra en la Figura 86.

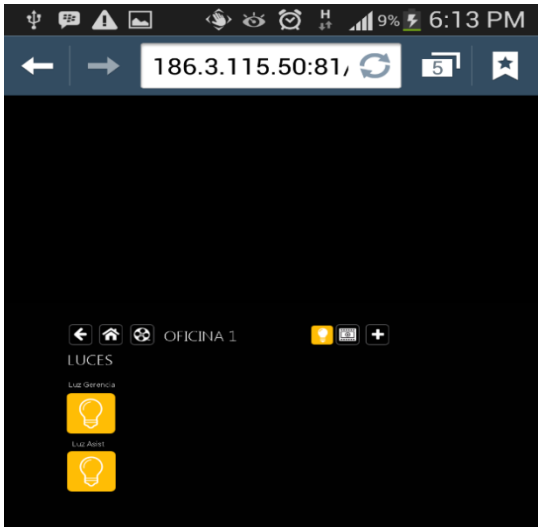


Figura 86. Control de luminarias desde plataforma web.

El segundo ícono del menú permite interactuar con equipos multimedia en caso de disponerlos (Equipos de sonido[10] o controlador IR) y el tercer ícono ( ) muestra el campo de visualización de las cámaras del estacionamiento. Estos menús son,

[10] Fabricante sólo permite equipos de marca SONOS.

totalmente intuitivos y de fácil acceso, con sólo presionar el ícono se tiene acceso al plano de interacción.

El control sobre el sistema vía web permite interactuar directamente con el servidor y este a su vez con los equipos de control en tiempo real, con lo cual se puede visualizar el estado de cada actuador y dependiendo de la necesidad, cambiarlo o permitir alguna condición que haya sido programada (e. g., un botón previamente configurado que permita interactuar con uno o varios elementos para cambiarlos de estado).

Adicionalmente, se consigue visualizar las cámaras de manera simultánea para brindar mayor seguridad al usuario en el entorno (Ver Figura 87).

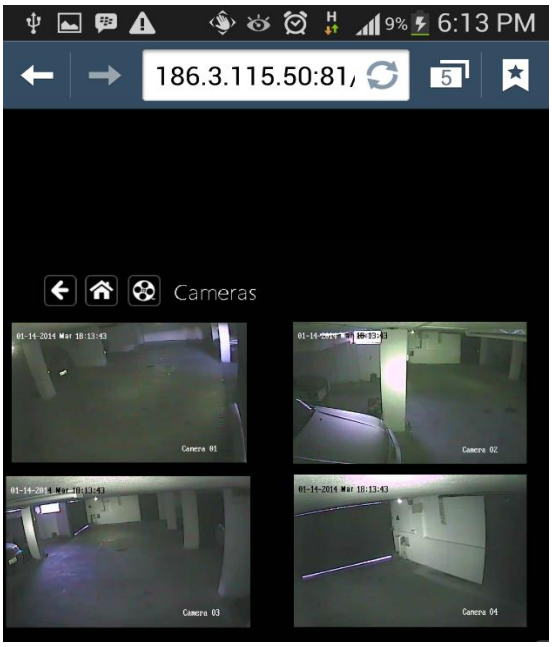


Figura 87. Visualización de cámaras desde plataforma web.

Se ha determinado botones auxiliares que permiten el desplazamiento desde un submenú hacia otro como es el caso del símbolo de casa (), atrás (), cámara () y seguridad ().

CAPÍTULO 7. PRUEBAS Y VERIFICACIONES

7.1 SISTEMAS DE CONTROL INTELIGENTE Y AUTOMÁTICO

El conjunto de macros, escenas y programación en scripts que se ejecutan desde la unidad de control hacia los dispositivos actuadores han permitido desarrollar el conjunto de condiciones para obtener efectivamente la acción, o conjunto de acciones, concebida en los flujogramas expuestos en la sección 5.5.

Estos diagramas muestran el funcionamiento actual de las instalaciones y facilitan a los usuarios disfrutar de un ambiente confortable, seguro e inteligente.

Según el diagrama de flujo elaborado para representar el sistema inteligente de control y sensado aplicado a la seguridad del departamento (Ver Figura 69 en la sección 5.5), se verifica el funcionamiento empleado para controlar la seguridad y ahorro, así a una hora específica se verifica el estado de cada una de las variables de seguridad en el departamento y la condición de las luminarias para evitar consumos innecesarios (i. e., estado de la puerta principal, presencia en cada zona de la casa, cerradura en la puerta principal y luminarias en el departamento).

Se dispuso una verificación cíclica de tal manera que la serie de condicionamientos deba cumplirse por un determinado tiempo para que el sistema actúe verificando la total inactividad en el domicilio, y pueda activar la seguridad y el ahorro energético.

Una vez activado el control de seguridad, el sistema inteligente de control y sensado notificará todas las incidencias que puedan presentarse.

7.2 INTERFAZ DE CONTROL (HMI)

La interfaz se ha desarrollado de un modo didáctico y visual para el fácil acceso y manejo de los usuarios. Se utilizó imágenes representativas para los íconos permitiendo la identificación adecuada de las acciones que realizarán los elementos finales de control.

Los menús para desplazarse entre las distintas secciones (luces, seguridad, detección de sensores y demás), se representan de una forma gráfica identificando el área a la cual se requiere el acceso y el control a efectuarse (Ver Figura 88).

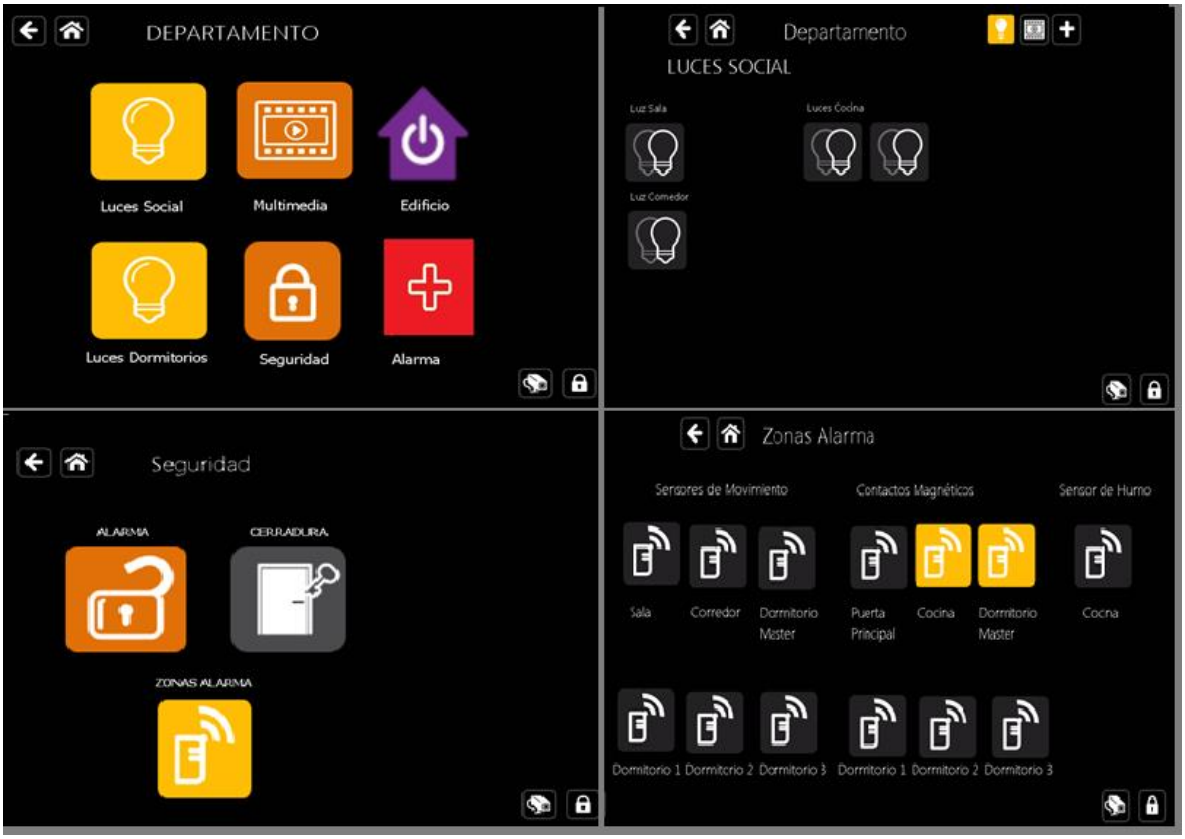


Figura 88. Visualización de la Interfaz de control.

La interfaz puede ser visualizada desde cualquier dispositivo con acceso a internet y permite al usuario interactuar con el sistema incluso fuera del edificio.

Para verificar la facilidad de interacción para el usuario final se ha realizado una encuesta a 11 usuarios con diferente nivel de experticia en plataformas tecnológicas (Ver Cuadro 1).

La experticia en tecnología permite evaluar la interacción del usuario con el sistema para diferenciar la facilidad, o dificultad en el uso del sistema.

El valor de calificación para las respuestas de cada pregunta corresponde a:
(1) Muy complejo, (2) complejo, (3) medio, (4) sencillo, (5) muy sencillo.

Pregunta: Acceso al Sistema.

Tabla 17. Resultado de la pregunta sobre el acceso al sistema

La forma en que usted puede acceder al sistema es:		
Tipo de respuesta	Frecuencia	Porcentaje Representativo
(1) muy complejo	0	0
(2) complejo	0	0
(3) medio	2	18,18
(4) sencillo	0	0,00
(5) muy sencillo	9	81,82

Resultado:

Nueve encuestados, representando el 81,82% de la muestra, declaran que el acceso al sistema es muy sencillo y dos encuestados, 18,18% restante, manifiestan que el nivel de acceso es medio. Por lo cual se considera que el acceso del sistema es MUY SENCILLO.

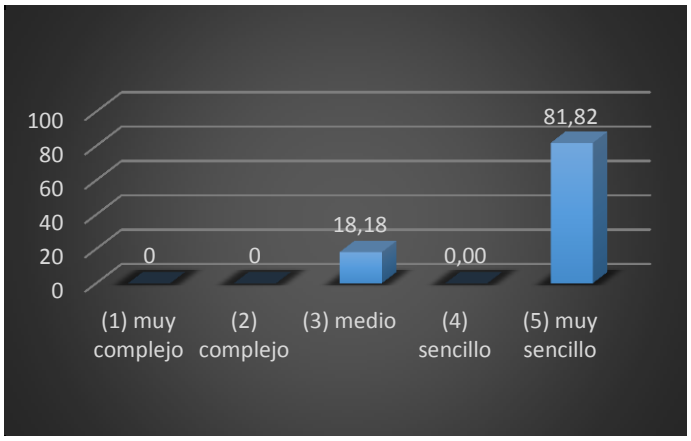


Figura 89. Ilustración resultado primera pregunta sobre el acceso al sistema

Pregunta: Uso de la Interfaz – Despliegue de menús

Tabla 18. Resultado de la pregunta sobre el despliegue de menús en el uso de la interfaz.

La información que se despliega en los menus para poder acceder hasta control que usted desea es:		
Tipo de respuesta	Frecuencia	Porcentaje Representativo
(1) muy complejo	0	0
(2) complejo	0	0
(3) medio	0	0
(4) sencillo	3	27,27
(5) muy sencillo	8	72,73

Resultado:

Ocho encuestados, el 72,73% de la muestra, declaran que los menús para navegar por la interfaz del sistema son muy sencillos y el 18,18% restante señala que los menús para navegar por la interfaz son sencillos. En conclusión se considera que para el usuario es MUY SENCILLO la forma con la que se despliega la información al navegar por los menús.

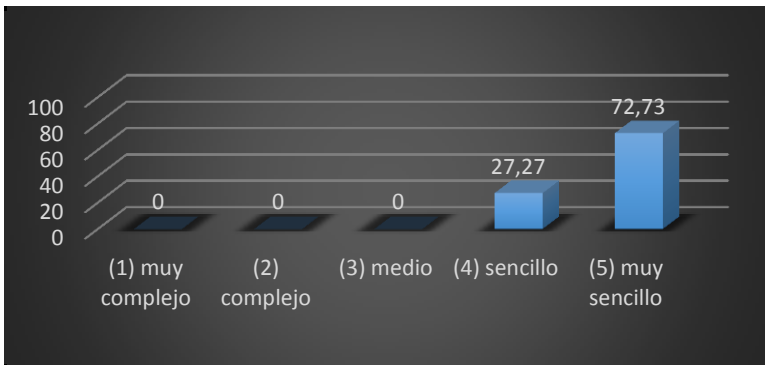


Figura 90. Ilustración resultado primera pregunta sobre uso de la interfaz.

Pregunta: Uso de la Interfaz – Información del estado de los puntos terminales

Tabla 19. Resultado de la pregunta sobre la información del estado de los puntos terminales en el uso de la interfaz.

Sobre el estado en el que se encuentra los puntos terminales (focos, alarmas, cerradura, sensores,etc.) , la información que la interfaz le presenta para su entendiemiento es:		
Tipo de respuesta	Frecuencia	Porcentaje Representativo
(1) muy complejo	0	0
(2) complejo	0	0
(3) medio	0	0
(4) sencillo	4	36,36
(5) muy sencillo	7	63,64

Resultado:

Siete encuestados que representan el 63,64% de la muestra declaran que es muy sencillo comprender si los puntos terminales se encuentran activos o inactivos y el 36,36% de la muestra indican que es sencillo comprender si los puntos terminales se encuentran activos o inactivos. En consecuencia se considera que para el usuario es MUY SENCILLO interpretar en qué estado se encuentra el punto terminal (focos, alarmas, cerraduras, sensores, etc.).

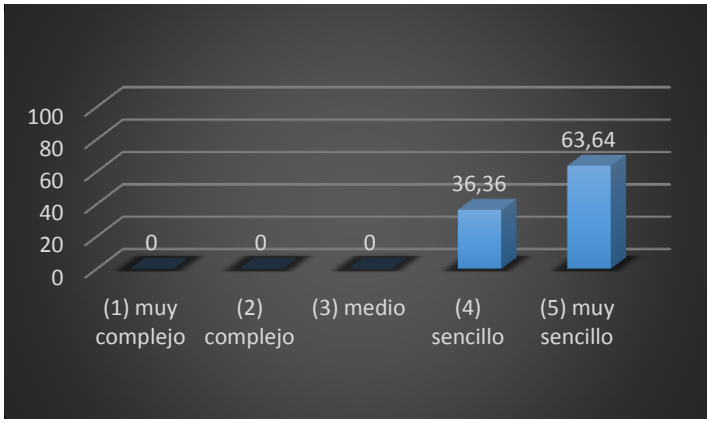


Figura 91. Ilustración resultado segunda pregunta sobre uso de la interfaz.

Pregunta: Uso de la Interfaz – Interacción con los puntos terminales

Tabla 20. Resultado de la pregunta sobre la interacción con los puntos terminales en el uso de la interfaz

Sobre la forma en la que usted interactua con los puntos terminales (focos, alarmas, cerradura, sensores,etc.) le parece:		
Tipo de respuesta	Frecuencia	Porcentaje Representativo
(1) muy complejo	0	0
(2) complejo	0	0
(3) medio	0	0
(4) sencillo	1	9,09
(5) muy sencillo	10	90,91

Resultado:

El 90,91% de la muestra manifiesta que la forma en la que interactúan con los puntos terminales es muy sencilla y un encuestado, representando el 9,09%, señala que la forma en la que interactúan con los puntos terminales es sencilla. Por lo tanto se considera que la interacción del usuario con los puntos terminales en la interfaz es MUY SENCILLO.

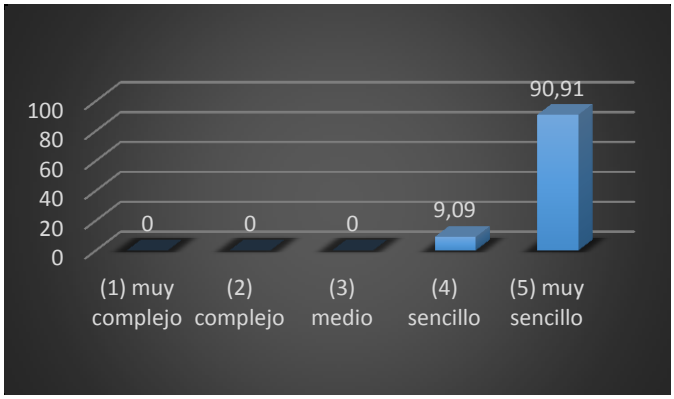


Figura 92. Ilustración resultado tercera pregunta sobre uso de la interfaz.

El sistema ha sido desarrollado con la finalidad de facilitar al usuario la interacción entre cerraduras, focos, alarmas, visualización de cámaras, accionamiento del motor en la puerta del estacionamiento, etc.; y cada uno de los elementos terminales que

se encuentran en el edificio, evidenciando la sencillez del sistema en razón que en las cuatro preguntas analizadas predomina la opción **5** (**MUY SENCILLO**).

En función de los resultados se ha determinado un ciclo de capacitaciones para mejorar el uso de la interfaz y despejar dudas existentes entre los usuarios.

7.3 SEGURIDAD DEL SISTEMA Y PLATAFORMA DE CONTROL

El control realizado sobre la seguridad de plataforma web, debido a la vulnerabilidad que puede sufrir cualquier espacio en internet, se presenta por etapas:

1. El usuario debe contar con una dirección IP determinada para el acceso a la plataforma. El firewall de protección en la red se encargará de habilitar el permiso inicial.

2. El usuario debe conocer el puerto exacto por el cual se accede a la interfaz (por lo general cualquier plataforma web utiliza el puerto 80, puerto implícito por el cual se accede desde un navegador). Los puertos de la interfaz de control se encuentran en un diferente segmento evitando un acceso fácil para quien pueda obtener la dirección IP del servidor.

3. El usuario final debe contar con un nombre de usuario y contraseña para acceder al control de la plataforma.

Por medio de este control implementado en la plataforma no ha sido posible una intrusión al sistema por parte de personas ajenas al entorno, únicamente se ha permitido el acceso a quienes se les ha concedido la información necesaria y los permisos adecuados (Ver Figura 93).

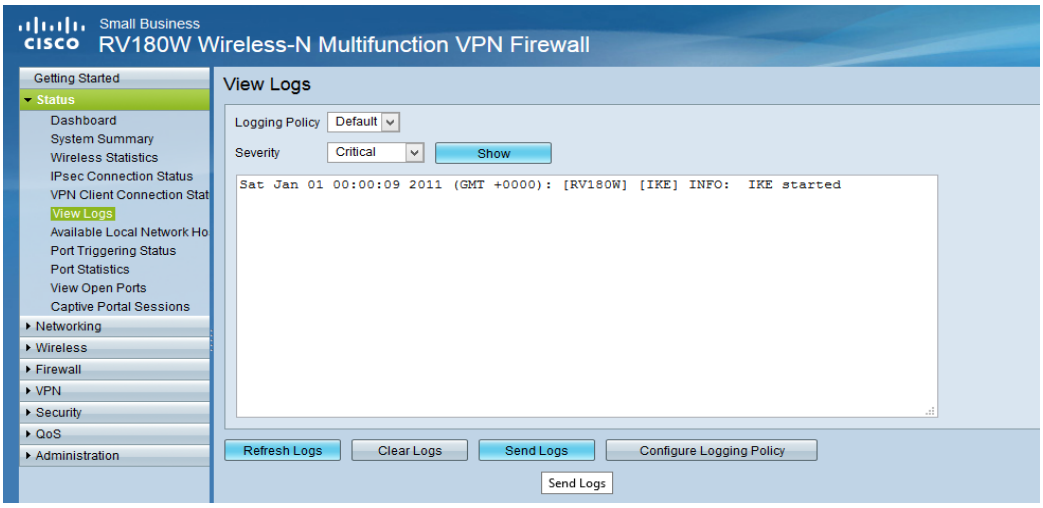


Figura 93. Reporte de severidad crítica del Firewall (Firewall Logs).

***Fuente**: RV180W Wireless-N Multifunction VPN Firewall (Versión 1.0.3.10) [software]. (2014).California: Cisco Systems, Inc.*

En el reporte del firewall no se evidencia ninguna intrusión a nivel crítico (intento de acceso sin permiso a la plataforma web), lo cual indica que la primera etapa de reconocimiento del acceso no ha sido vulnerada y que la seguridad implementada es hasta ahora suficiente para controlar el ataque cibernético a la plataforma o cualquier acceso perpetrado por un sujeto externo al entorno. Se debe recalcar que el espacio cibernético es muy vulnerable y cualquier plataforma no se encuentra libre de un ataque.

7.4 EFICIENCIA DE RESPUESTA DEL SISTEMA

La eficiencia del sistema varía de acuerdo a la ubicación del usuario, es decir:

- Si el usuario se encuentra en la misma red del servidor (LAN) el sistema actual en tiempo real con un retardo imperceptible.

- Si el usuario se encuentra fuera de la red local del servidor, la eficiencia será directamente proporcional a la tasa de transferencia de datos del servicio de internet. Las pruebas realizadas de acceso evidencian que en una conexión a través de un Smartphone con conexión a internet, por medio de una operadora telefónica, con una velocidad de 2MB tarda en conectarse al sistema 1,74 s (Ver Figura 94).

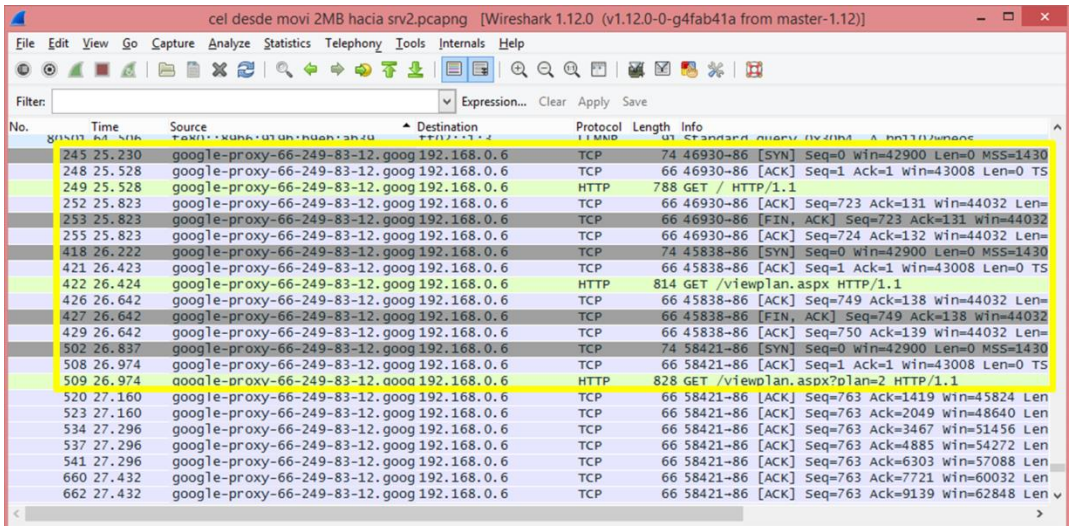


Figura 94. Medición de paquetes desde un Smartphone hacia servidor

***Fuente**: Combs, G.(2014). WIRESHARK Network Protocol Analyzer (Versión 1.12.0) [software]*

Para simplificar el entendimiento de la Figura 94 se presenta en la Tabla 21 la descripción sobre la conexión, misma que se muestra ordenada según el campo "No. De paquete"[11].

Tabla 21. Descripción de captura de paquetes para la comunicación con el servidor desde un Smartphone.

No. De paquete	Temporizador de adquisición de paquetes del software (s)	Tiempo de adquisición paquete (s)	Acción	Página Web
245	25,23	0	Inicio de comunicación (URL: dirección IP del servidor)	
249	25,528	0,298	Comunicación establecida	
422	26,424	1,194	Solicitud de credenciales (Usuario y Contraseña)	viewplan.aspx
508	26,974	1,744	Verificación de credenciales correctas, acceso concedido	
509	26,974	1,744	Acceso al menú principal	viewplan.aspx?plan=2

En otro caso, desde un computador personal con conexión a internet, por medio de un proveedor de datos, con una velocidad de 4MB, tarda en conectarse al sistema 1,28 s (Ver Figura 95).

[11] No. De paquete: es la secuencia que muestra el software en el orden que se realiza una acción (sólo se consideran los paquetes relacionados con la interacción hacia el sistema)

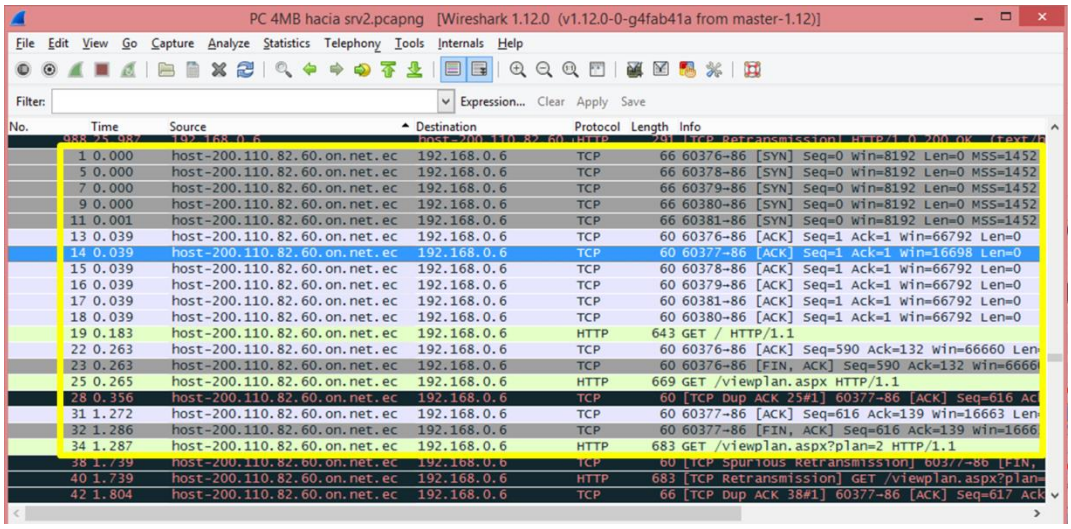


Figura 95. Reporte de severidad crítica del Firewall (Firewall Logs).

***Fuente**: Combs, G.(2014). WIRESHARK Network Protocol Analyzer (Versión 1.12.0) [software]*

Para la comprensión de la Figura 95 se presenta en la Tabla 22 la descripción sobre la conexión, la cual se encuentra ordenada según el campo “No. De paquete”.

Tabla 22. Descripción de captura de paquetes para la comunicación con el servidor desde una computadora.

No. De paquete	Temporizador de adquisición de paquetes del software (s)	Tiempo de adquisición paquete (s)	Acción	Página Web
1	0	0	Inicio de comunicación (URL: dirección IP del servidor)	
19	0,183	0,183	Comunicación establecida	
25	0,265	0,265	Solicitud de credenciales (Usuario y Contraseña)	viewplan.aspx
31	1,272	1,272	Verificación de credenciales correctas, acceso concedido	
34	1,287	1,287	Acceso al menú principal	viewplan.aspx?plan=2

En la Tabla 22 y 23 en la columna “Página Web” se menciona la dirección web que corresponde a la acción realizada por el paquete (Ver Figura 96).

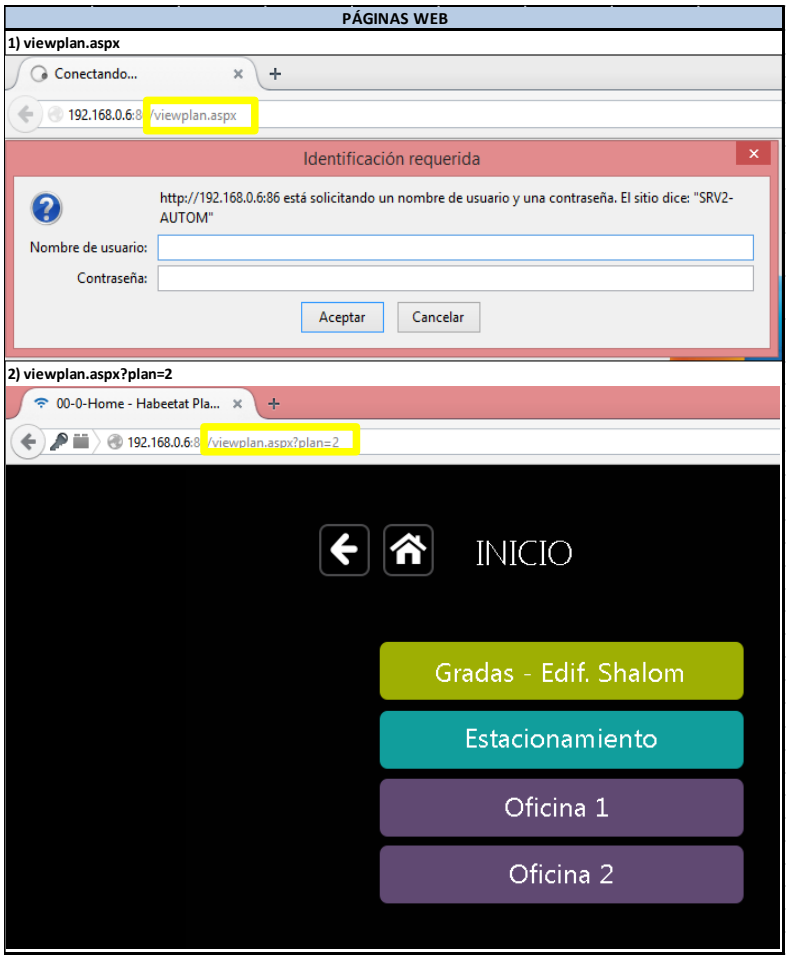
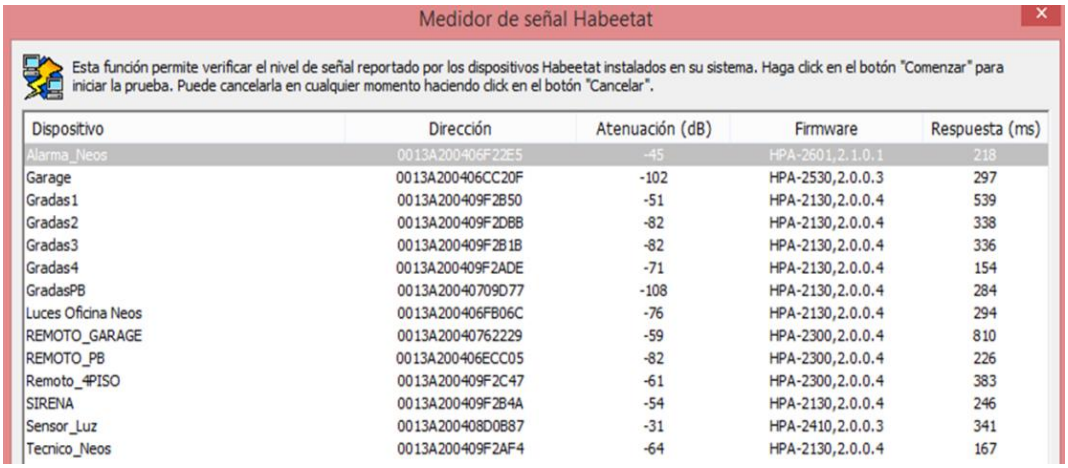


Figura 96. Páginas Web solicitadas por la acción del paquete.

Adicional al tiempo de comunicación hacia el sistema inteligente de sensado y control se debe incluir el tiempo de comunicación entre el servidor y los dispositivos (Ver Figura 97).



Dispositivo	Dirección	Atenuación (dB)	Firmware	Respuesta (ms)
Alarma_Neos	0013A200406F22E5	-45	HPA-2601,2.1.0.1	218
Garage	0013A200406CC20F	-102	HPA-2530,2.0.0.3	297
Gradas1	0013A200409F2B50	-51	HPA-2130,2.0.0.4	539
Gradas2	0013A200409F2DBB	-82	HPA-2130,2.0.0.4	338
Gradas3	0013A200409F2B1B	-82	HPA-2130,2.0.0.4	336
Gradas4	0013A200409F2ADE	-71	HPA-2130,2.0.0.4	154
GradasPB	0013A20040709D77	-108	HPA-2130,2.0.0.4	284
Luces Oficina Neos	0013A200406FB06C	-76	HPA-2130,2.0.0.4	294
REMOTO_GARAGE	0013A20040762229	-59	HPA-2300,2.0.0.4	810
REMOTO_PB	0013A200406ECC05	-82	HPA-2300,2.0.0.4	226
Remoto_4PISO	0013A200409F2C47	-61	HPA-2300,2.0.0.4	383
SIRENA	0013A200409F2B4A	-54	HPA-2130,2.0.0.4	246
Sensor_Luz	0013A200408D0B87	-31	HPA-2410,2.0.0.3	341
Tecnico_Neos	0013A200409F2AF4	-64	HPA-2130,2.0.0.4	167

Figura 97. Tiempo de respuesta desde los dispositivos finales hacia el servidor.

***Fuente**: Habeetat Planner Designer (Versión 7) [software]. (2014).Buenos Aires: Solidmation S.A.*

Todo lo expuesto evidencia que los tiempos de conexión y control son bajos, en el peor escenario considerando una conexión desde un Smartphone con una velocidad de transmisión de 2MB (Ver Figura 98), el tiempo es de 1,744 s para emitir una orden de control hacia el dispositivo (e. g., REMOTO_GARAGE con el mayor tiempo de respuesta de 810 ms entre el servidor y el controlador de luces), el tiempo total para completar la acción por el dispositivo final será de 2,554 s, una vez iniciada la comunicación con el servidor.

Figura 98. Reporte de velocidad de transmisión en dispositivo móvil (Red de Datos Movistar®).

***Fuente**: Ookla.(2014). Ookla Speedtest (Versión 1.12.0) [software]*

7.5 AHORRO DE CONSUMO ENERGÉTICO PARA EL EDIFICIO

Debido a los cambios sustanciales en las luminarias del departamento (diferencias marcadas en amarillo en la Tabla 23), donde se han recogido las muestras de consumo, no se puede realizar una comparación real del uso previo a la instalación de sistema y posterior a la misma.

Al recolectar la información inicial se contaba con diferentes clases de bombillas de hasta 100 W; las de tipo fluorescente de 30 W (ahorradoras) e incandescentes de 60W o 100 W (Ver Tabla 13), fueron cambiadas en el momento de la implementación del sistema a bombillas halógenas de 60 W por la compatibilidad de éstas con el sistema para ser dimerizadas. Este hecho no permite realizar una evaluación real sobre la eficiencia del sistema para ahorrar energía, sin embargo se realiza un supuesto sobre el uso de las luminarias (bombillas halógenas) como si éstas hubiesen sido instaladas desde el inicio.

Tabla 23. Datos consumo lumínico promedio posterior al cambio de lámparas Departamento 4 Torre A.

TORRE A - DEPARTAMENTO 4	# FOCOS	Potencia Prom. Foco (W)	Potencia Total (W)	Tiempo de uso (h)	Consumo (kWh) por día	Consumo (kWh) por mes
Sala	4	60	240	6	1440	43200
Comedor	4	60	240	3	720	21600
Cocina	2	60	120	4	480	14400
Corredor	4	60	240	0,4	96	2880
Dormitorio Máster	2	60	120	4	480	14400
Dormitorio 1	2	60	120	2	240	7200
Dormitorio 2	2	60	120	5	600	18000
Dormitorio 3	2	60	120	5	600	18000
Baño	2	30	60	0,8	48	1440
TOTAL	24				1488	141120

Los equipos de control han sido programados de tal manera que limiten el nivel de intensidad de iluminación al 80%, aquellos puntos donde no se ha aplicado control se mantiene el 100% de potencia (Ver Tabla 24) evidenciando la diferencia de consumo eléctrico frente al análisis realizado previamente.

Tabla 24. Datos consumo lumínico promedio posterior al cambio y control habilitado por el sistema Departamento 4 Torre A.

TORRE A - DEPARTAMENTO 4	# FOCOS	Potencia Prom. Foco (W)	Porcentaje de dimerización activado	Potencia Prom. Foco Dimerizado (W)	Potencia Prom. Foco (W)	Tiempo de uso (h)	Consumo (kWh) por día	Consumo (kWh) por mes
Sala	4	60	80%	48	192	6	1152	34560
Comedor	4	60	80%	48	192	3	576	17280
Cocina	2	60	80%	48	96	4	384	11520
Corredor	4	60	100%	60	240	0,4	96	2880
Dormitorio Máster	2	60	80%	48	96	4	384	11520
Dormitorio 1	2	60	80%	48	96	2	192	5760
Dormitorio 2	2	60	80%	48	96	5	480	14400
Dormitorio 3	2	60	80%	48	96	5	480	14400
Baño	2	30	100%	30	60	0,8	48	1440
TOTAL	24						1200	113760

En el caso del departamento prototipo (Departamento 4 Torre A), el consumo mensual aproximado sin control corresponde a 141,120 kWh, posterior al cambio el consumo aproximado es de 113,76 kWh, lo cual implicará un ahorro del 24%.

Este valor es superior al 15% que en principio se mencionó como objetivo para el cumplimiento de este proyecto elevando además el confort en las zonas de control debido a la atenuación que puede presentarse para diferentes actividades de recreación o descanso.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El control de la puerta de acceso a través de la interfaz del sistema permite un control seguro y fiable, prueba de ello es el mecanismo corredizo implementado para la puerta de acceso a parqueaderos, automatizado e integrado al sistema inteligente de sensado y control, lo cual evita que el usuario deba salir del auto para abrir la puerta.
- El algoritmo de inteligencia artificial ha permitido elevar la seguridad de los domicilios y oficinas, reduciendo además el consumo innecesario de luminarias.
- El sistema integra cámaras de seguridad y sirenas de pánico que pueden ser visualizadas y activadas respectivamente, contribuyendo al bienestar y seguridad de los residentes del edificio.
- La interfaz de control permite a los usuarios interactuar fácilmente con el sistema de control inalámbricamente desde una computadora o dispositivo móvil a través de la dirección IP Fija del servidor web del sistema.
- El sistema es capaz de ahorrar aproximadamente un 24% de consumo de energía eléctrica como consecuencia directa del control inteligente y automático desarrollado e implementado en el proyecto.
- La tecnología de comunicación empleada para este proyecto (Zigbee) permitió disminuir costos de implementación debido a su conexión inalámbrica, además, por la velocidad de transmisión de paquetes, el usuario interactúa con el sistema de control en tiempo real.

RECOMENDACIONES

- Es necesario contar con una infraestructura adecuada de equipos de telecomunicaciones los cuales permitan realizar una sencilla configuración para mostrar la plataforma de control en Internet.
- Se recomienda contar con el cableado eléctrico identificado (Fase y Neutro) de tal manera que permita el correcto funcionamiento y control electrónico de los actuadores finales.
- De acuerdo a la verificación realizada a través de un Smartphone donde el tiempo de transmisión, desde que inicia la conexión hasta que realiza la orden de control emitida (Ver sección 7.4), fue de 2,554 s. Se recomienda una conexión de al menos 1 MB para evitar tiempos de retardo superiores a los probados.
- Es necesario dimensionar el consumo energético al que serán expuestos los equipos de control para acatar las normas de fabricante.
- La implementación del sistema se desarrolla en las zonas necesarias para la demostración (zonas comunes: gradas y estacionamiento, departamentos: Departamento 4 torre A, oficinas: Oficina 1 Torre B), por lo que es recomendable ampliar el sistema a todas las zonas para elevar los índices de eficiencia y ahorro en todo el edificio.
- Se recomienda evitar distancias largas entre los equipos debido a la atenuación de señal que aumenta por el tiempo de transmisión entre el servidor y los dispositivos de control.

BIBLIOGRAFÍA

Textos:

Empresa Eléctrica de Quito. (2013). *Tarifas/Pliegos Tarifarios 2013.* Quito.

Blanca, V., Castilla, N., Martínez, A., y Pastor, R. (1995). *Luminotecnia: Magnitudes Fotométricas básicas. Unidades de medida.* Valéncia: UPV.

CIRCE. (2012). *Potencial De Ahorro Y Eficiencia Energética En Instalaciones De Iluminación.* Zaragoza: Circe.

Comunidad de Madrid . (2007). *Guía Energética en el Sector Hotelero.* Madrid.

Control4 Corporation. (2013). *Control4 Home Automation*. Obtenido de http://es-la.control4.com/company.

Empresa Eléctrica Quito. (2013). *Planilla de Consumo Eléctrica (Junio, Julio, Agosto y Septiembre).* Quito: EEQ.

Empresa Eléctrica Quito. (2014). *Planilla de Consumo Eléctrica (Abril y Mayo).* Quito.

Farag, M. (2012). Architectural Enhancements to Increase Trust in Cyber-Physical Systems Containing Untrusted Software and Hardware. Virginia: Blacksburg.

Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc. (2003). *Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs).* New York.

Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales. (2003). Casas Inteligentes, El Futuro Ya Está Aquí. *MINUSVAL*, 63-65.

Navarro, M. (2004). *ZigBee: Nuevo estándar de tecnología inalámbrica.* España.

Parellada, Á. (2008). *Eficiencia energética.* Madrid.

Navarro, M. (2004). *ZigBee: Nuevo estándar de tecnología inalámbrica.* España.

Roger Technology s.n.c. (2012). *Serie - H30.* Bonisiolo di Mogliano Veneto: [s.n].

Romero, C., Vázquez, F., y De Castro, C. (2011). *Domótica e inmótica. Viviendas y edificios inteligentes Tercera Edición.* México D.F.: Alfaomega Grupo Editor, S.A de C.V.

Russell, S. y Norving, P. (2009). *Artificial Intelligence A Modern Approach, Third Edition.* New Jersey: Pearson Prentice Hall.

Salgado, I. V. (2011). *ZigBee y sus aplicaciones.* Madrid.

Serway, R. y Jewett, J. (2009). *Física para ciencias en ingeniería con Física Moderna* (Séptima ed.). Santa Fe: CENGAGE Learning.

SIEMENS S.A. (2006). *KNX/EIB Principios Básicos.*

Sulca, W. y Suntaxi, L. (2011). *Diseño, construcción y simulación de un sistema basculante para acoplar a una puerta de garaje residencial automatizada por radio control.* Quito: Universidad Politécnica Salesiana.

Telefónica España. (2003). *Libro Blanco del Hogar Digital y las ICTs.* España: [s.n].

Valverde, J. (2007). *El Estándar Inalámbrico ZigBee.* Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.

Documentación Web:

Aprendemos Tecnología. (2012). *Aprendemos Tecnología*. Obtenido de http://aprendemostecnologia.org/%20maquinas-y-mecanismos/mecanismos-de-transformacion-del-movimiento/

Arena Home Technology Integration S.A. (29 de Mayo de 2013). *ARENA HOME*. Obtenido de http://www.arenahome.es/soluciones-inalambricas.html

Association, K. (2012). *KNX*. Recuperado el 2014, de http://www.knx.org/knx-en/knx/technology/communication-media/index.php

Casadomo. (2011). *casadomo.com*. Obtenido de http://www.casadomo.com/noticiasDetalle.aspx?id=9617&c=6&idm=10&pat=10

CIRCE. (2012). *Empower-EU, Potencial De Ahorro Y Eficiencia Energética En Instalaciones De Iluminación.* Obtenido de http://www.empower-eu.com/docs/file/cursos%20Aragon/13-14%20junio/Presentacion_Iluminacion_Empower_%5BModo_de_compatibilidad%5D.pdf

Davincidomotica. (2009). *Interfaz de control para una casa.* Obtenido de http://blog.domoticadavinci.com/2011_11_01_archive.html.

Ediciones SM C. (2012). *librosvivos.net*. Obtenido de http://www.librosvivos.net/smtc/PagPorFormulario.asp?idIdioma=ES&TemaClave=1164&est=0.

Empresa Eléctrica Quito S.A. (2005). *http://www.eeq.com.ec.* Obtenido de http://www.eeq.com.ec/consejos/consejos.php?mn=5&t=A&p=0

Electrónica Steren, S.A. (2014). *Steren-Extensores de video.* Obtenido de http://www.steren.com.mx/catalogo/prod.asp?p=1409

Future Lifestyle Installations SL. (2012). *Futurelifestyle.* Obtenido de http://futurelifestyle.es/esp/control.html

Gadgetreview. (2013). *Gadget Review*. Recuperado el 28 de Mayo de 2014, de http://www.gadgetreview.com/wp-content/uploads/2010/10/yale_realiving.jpg

ISDE Ing S.L. (19 de Marzo de 2008). *Construible*. Obtenido de http://www.construible.es/noticias/la-plaza-de-toros-de-navalcarnero-madrid-ahorrara

KNX Association. (2012). *KNX*. Recuperado el 2014, de http://www.knx.org/knx-es/knx/tecnologia/especificaciones/index.php

KNX Association. (2012). *KNX*. Recuperado el 2014, de http://www.knx.org/knx-es/knx/tecnologia/medios-de-transmision/index.php

Real Time Automation, Inc. (2009). *Real Time Automation.* Obtenido de http://www.rtaautomation.com/lonworks/

Shop4Security. (2004). *Shop4Security - HIKVISION DS-7104HWI-SL.* Obtenido de http://www.s4s.co.za/ProductInfo.aspx?productid=S4S7104HWISL

Solidmation S. A. (2013). *Solidmation S. A.* Obtenido de http://www.linkedin.com/company/solidmation-s-a-?trk=tabs_biz_home.

Solidmation S.A. (2013). *Solidmation - DS-HPA-2130_V3-00-ES.* Obtenido de http://www.solidmation.com/baul/downloads/Solidmation-DS-HPA-2130_V3-00-ES.pdf

Solidmation S.A. (2013). *Solidmation*. Recuperado el 24 de Octubre de 2013, de http://www.solidmation.com/index.php/home-automation/productos/productos-habeetat/?lang=es

Solidmation S.A. (2013). *Solidmation-DS-HPA-2130_V3-00-ES*. Obtenido de http://www.solidmation.com/baul/downloads/Solidmation-DS-HPA-2130_V3-00-ES.pdf

Solidmation S.A. (2013). *Solidmation-DS-HPA-2530_V3-00-ES*. Obtenido de http://www.solidmation.com/baul/downloads/Solidmation-DS-HPA-2530_V3-00-ES.pdf

Solidmation S.A. (2013). *Solidmation-DS-HPA-2530_V3-00-ES .* Obtenido de http://www.solidmation.com/baul/downloads/Solidmation-DS-HPA-2530_V3-00-ES.pdf

Solidmation S.A. (2013). *Solidmation-MA-HPA-2130_2140_V3-Installation_Manual-00-ES.* Obtenido de [http://www.solidmation.com/baul/downloads/Solidmation-MA-HPA-2130_2140_V3-Installation_Manual-00-ES.pdf]

Solidmation S.A. (2013). *Solidmation-MA-HPA-2520_V3-Installation_Manual-00-ES.* Obtenido de http://www.solidmation.com/baul/downloads/Solidmation-MA-HPA-2530_V3-Installation_Manual-00-ES.pdf

Solidmation S.A. (2013). *Solidmation-MA-HPA-2601_V3-Installation_Manual-00-ES.* Obtenido de http://www.solidmation.com/baul/downloads/Solidmation-MA-HPA-2601_V3-Installation_Manual-00-ES.pdf

Solidmation S.A. (2013). *Solidmation-MA-HPA-2601_V3-Installation_Manual-00-ES*. Obtenido de http://www.solidmation.com/baul/downloads/Solidmation-MA-HPA-2601_V3-Installation_Manual-00-ES.pdf

Solidmation S.A. (2013). *www.solidmation.com.* Obtenido de http://www.solidmation.com/index.php/home-automation/domotica/arquitectura-del-sistema/?lang=es

Solidmation S.A. (s.f.). *Solidmation-DS-HPA-2601_V3-00-ES .* Obtenido de http://www.solidmation.com/baul/downloads/Solidmation-DS-HPA-2601_V3-00-ES.pdf

Techniconsulting. (2012). *Desarrollo domótico Android.* Obtenido de http://www.appbrain.com/app/luxom-domotica/be.tc.luxom

TYCO Security. (2005). *DSC*. Obtenido de http://www.dsc.com/index.php?n=Products&o=view&id=112

Zigbee Alliance. (2004). *ZigBee Specification.* Obtenido de http://www.zigbee.org/en/index.asp

Software:

Combs,G.(2014). WIRESHARK Network Protocol Analyzer (Versión 1.12.0) [software]

Habeetat Planner Designer (Versión 7) [software]. (2014).Buenos Aires: Solidmation S.A.

RV180W Wireless-N Multifunction VPN Firewall (Versión 1.0.3.10) [software]. (2014).California: Cisco Systems, Inc.

ANEXOS

Anexo A: Equipos Solidmation

- A.1) HPA-2130
- A.2) HPA-2140
- A.3) HPA-2530-LV
- A.4) HPA-2601

Anexo B: Modelo de Encuesta

Anexo C: Manual Operativo

Anexo D: Fotografías

Anexo E: Glosario