

Implementación del Protocolo X10, en plataformas libres para aplicaciones domóticas.¹

X10 protocol implementation on free platforms for home automation applications.

Cristhiam L. Higuera R.², Jonatan Camacho³

²Universidad Santo Tomas, seccional Bucaramanga, Colombia.

³Universitaria de investigación y desarrollo, Bucaramanga, Colombia.

Artículo recibido en mes XX de año; artículo aceptado en mes XX de año

Citación del artículo: Higuera, C. & Camacho, J. (2016). Implementación del Protocolo X10, en plataformas libres para aplicaciones domóticas. *I+D Revista de Investigaciones*, 1(2), pp-pp.

Resumen

Este trabajo plantea el uso de una plataforma de hardware y software libres para la implementar servicios de comunicaciones en sistemas demóticos. Más específicamente se implementa un controlador de comunicaciones para una plataforma X10 utilizando una

¹ Artículo de investigación, perteneciente al área de electrónica, sub área de diseño, desarrollado en el grupo de investigación GPS de la UDI y mecatrónica de la Santo Tomás seccional bucaramanga.

² Ingeniero Electrónico, Universidad Industrial de Santander. Docente- investigador del grupo: XXX. Universidad XXX de la ciudad de XXX (Colombia): Dirección XXXXX, PBX:XXXX . Correo electrónico institucional: xxx

³ Título de pregrado, Universidad. Título más alto posgrado, Universidad XXXX. Docente- investigador del grupo: XXX. Universidad XXX de la ciudad de XXX (Colombia): Dirección XXXXX, PBX:XXXX . Correo electrónico institucional: xxx.

raspberry pi, un circuito de acoplamiento para la red de potencia de bajo costo y Python como lenguaje de programación. Se estudiaron las condiciones de la red eléctrica de las instalaciones de un laboratorio para evaluar y ajustar el diseño del sistema de comunicaciones basado en X10. Con el controlador, se crea una red X10 utilizando interruptores X10 de pared WS467, módulos de lámparas LM15A y módulos X10 AM465-AM466-AM486 para electrodomésticos. La red implementada permitió evaluar las condiciones operacionales y el desempeño final del sistema. En conclusión, se logró evidenciar que al aumentar la tensión de alimentación en el circuito de transmisión para el controlador X10 aumentaba la tasa efectiva de respuesta en los dispositivos en la red, que el método simplex utilizado para el protocolo genera alta incertidumbre para evaluar el estado de los elementos del sistema y la forma más efectiva para asegurar el desempeño del sistema fue la retransmisión de los paquetes, generando retrasos significativos para el envío efectivo de los comandos.

Palabras clave: Protocolo X10, Raspberri PI, Domótica, .

Introducción

Domótica (House Automation) e Inmótica (Building Automation) hacen referencia a la incorporación, en la vivienda o edificaciones, de un conjunto de tecnologías informáticas y de comunicaciones que permiten gestionar y automatizar, las diferentes instalaciones de uso cotidiano, proporcionando una mejor calidad de vida de los usuarios y una mejor conservación y cuidado del edificio [1]. Así, la domótica tiene como fin la incorporación de tecnologías informáticas dentro de la casa, permitiendo gestionar y automatizar desde un mismo sistema cada una de las instalaciones de uso cotidiano de la casa, es un conjunto de servicios integrados en las viviendas garantizando una serie de sistemas de carácter automáticos que son capaces de brindar al usuario mayores ventajas en aspectos relacionados con el confort, la seguridad, el ahorro y la gestión energética, las comunicaciones y la información. Cuando se habla de domótica se debe de pensar en el concepto de control integrado de dispositivos eléctricos y electrónicos instalados en la vivienda.

De manera general, los aspectos involucrados en un sistema domótico son Gestión energética, Confort, Seguridad, Comunicaciones y Accesibilidad. En este trabajo se aborda

las facilidades para la implementación del componente de comunicaciones usando plataformas de software libre y sistemas embebidos o microcontroladores. En este sentido, existe una gran variedad de tecnologías (X-10, EIB, LONWORKS, ZigBee, etc.) que pueden ser utilizadas en soluciones domóticas. Diversos trabajos han mostrado ventajas del protocolo X10 relacionados con costo, facilidad de implementación y factibilidad técnica. Los resultados del presente trabajo ilustran las consideraciones para la implementación del protocolo X-10 basado en plataformas de sistemas embebidos y microcontroladores PIC. En particular, se evalúa costo de implementación, reproducibilidad, seguridad del protocolo, fiabilidad y soporte técnico. Finalmente, se plantean recomendaciones y sugerencias respecto a los protocolos de comunicación que deben ser considerados en un sistema domótico.

Tecnologías de comunicación en domótica

El protocolo de comunicación para aplicaciones de automatización y control de una casa o edificio inteligente, para el manejo de sensores y actuadores con inteligencia suficiente, para implementar una red de área local de control. Es muy importante que un mismo estándar pueda soportar varios medios físicos, con el fin de adaptarse de forma flexible a la topología de la casa o edificio logrando una arquitectura distribuida. Los estándares o tecnologías en domótica más usados son: i.) X-10 (transmisión de corrientes portadoras), ii.) EIB (Bus de Instalación Europeo), iii.) LONWORKS (Redes de Operación Local), iv.) ZigBee (Comunicación Inalámbrica). Las principales características de dichos protocolos se resumen en la Tabla 1. La selección de uno u otro protocolo o tecnología depende entre otros de la facilidad de uso e instalación, flexibilidad, modularidad e interconectividad así como costo y soporte de nuevos productos.

Tabla 1. *Características protocolos de comunicación*

NOMBRE NOMBRE APELLIDO APELLIDO, NOMBRE NOMBRE APELLIDO APELLIDO
Efectos de la ejercitación gestual mediante sensores faciales en la expresión de la ira.

TECNOLOGIA	MEDIOS DE TRANSMISION	VELOCIDAD DE TRANSMISION	DISTANCIA AL DISPOSITIVO
X-10	-Cable eléctrico	-60 bps en EEUU -50 bps en Europa	-185 m2
EIB	1. TP 2. Cable eléctrico 3. RF 4. Infrarrojos	1. 9600 bps 2. 1200/2400 bps	1. 1000 m 2. 600 m 3. 300 m
LONWORKS	1. TP 2. Cable Eléctrico 3. Radio 4. Coaxial 5. FO	1. 78 Kbps-1.28 Mbps 2. 5.4 Kbps	1. 500 - 2700 m
ZIGBEE	-Inalámbrico	-9600 bps	-10 m - 75 m

En particular, los sistemas basados en tecnología X10 tienen una gran ventaja a la hora de su instalación debido a que no es necesario ningún cableado extra para implementar una red de dispositivos X-10. Los módulos X-10 se basan en la transmisión de datos usando la red eléctrica de baja tensión de la vivienda unifamiliar, logrando el control de los elementos como lámparas, persianas u otros electrodomésticos que se encuentren conectados a la red. Gracias a la versatilidad de la comunicación con este protocolo, en la actualidad se desarrollan dispositivos basados en esta tecnología que brinda no solo mayor comodidad a la personas sino también les brinda un lugar seguro, confiable y placentero donde vivir, puesto que los sistemas de domótica son una inversión que genera beneficios de comodidad, seguridad, ahorro de energía y optimización de tiempo.

Tecnología X-10 como solución en domótica

La comunicación X-10 es un sistema de transmisión de datos digitales que usa las instalaciones eléctricas de los hogares y oficinas. Versiones iniciales del protocolo permitía utilizar seis funciones: encender, apagar, atenuar, iluminar, encender todo y apagar todo. No obstante, las versiones más actuales permiten realizar nueve funciones adicionales. Para realizar el envío de datos se utilizan señales de radiofrecuencia que se inyectan a la red eléctrica, sincronizándolos con los cruces por cero de la señal eléctrica de 60 Hz. Esta técnica es llamada control por corriente portadora, para transmitir o recibir información. Para enviar un 1 binario, es representado por un tono burst de 120 KHz de duración de 1ms, cerca del cruce por cero de la señal AC. Un cero binario se representa por la ausencia del tono Burst de 120 KHz (Figura 1).

NOMBRE NOMBRE APELLIDO APELLIDO, NOMBRE NOMBRE APELLIDO APELLIDO
 Efectos de la ejercitación gestual mediante sensores faciales en la expresión de la ira.

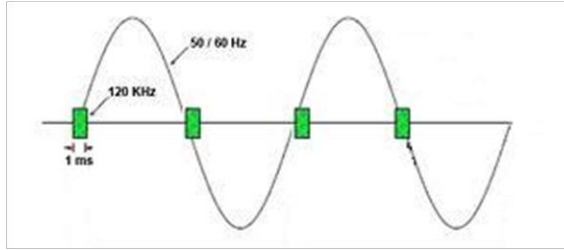


Figura 1. Cruce por cero y tono Burst.

Los tonos portadores de 120 KHz son sincronizados para coincidir con el cruce por cero de las otras fases. Un mensaje X-10 completo está compuesto de un código de inicio (1110), seguido de un código de casa, seguido por un código clave. El código clave puede ser una dirección de una unidad o un código de una función, dependiendo de si el mensaje es una dirección o un comando, en la tabla 2 se muestra los posibles valores de códigos de casa y códigos claves.

Tabla 2. Codificación protocolo X-10.

House Addresses	House Codes			
	H1	H2	H4	H8
A	0	1	1	0
B	1	1	1	0
C	0	0	1	0
D	1	0	1	0
E	0	0	0	1
F	1	0	0	1
G	0	1	0	1
H	1	1	0	1
I	0	1	1	1
J	1	1	1	1
K	0	0	1	1
L	1	0	1	1
M	0	0	0	0
N	1	0	0	0
O	0	1	0	0
P	1	1	0	0

Unit Addresses	Key Codes				
	D1	D2	D4	D8	D16
1	0	1	1	0	0
2	1	1	1	0	0
3	0	0	1	0	0
4	1	0	1	0	0
5	0	0	0	1	0
6	1	0	0	1	0
7	0	1	0	1	0
8	1	1	0	1	0
9	0	1	1	1	0
10	1	1	1	1	0
11	0	0	1	1	0
12	1	0	1	1	0
13	0	0	0	0	0
14	1	0	0	0	0
15	0	1	0	0	0
16	1	1	0	0	0
All Units Off	0	0	0	0	1
All Units On	0	0	0	1	1
On	0	0	1	0	1
Off	0	0	1	1	1
Dim	0	1	0	0	1
Bright	0	1	0	1	1
All Lights Off	0	1	1	0	1
Extended Code	0	1	1	1	1
Hall Request	1	0	0	0	1
Hall Acknowledge	1	0	0	1	1
Pre-set Dim	1	0	1	X	1
Extended Code (Analog)	1	1	0	0	1
Status = On	1	1	0	1	1
Status = Off	1	1	1	0	1
Status Request	1	1	1	1	1

Para la transmisión de los códigos, se utiliza la línea eléctrica cuando cada dos medio ciclos pasa por cero son usados para transmitir cada bits complementario (es decir, un 0 es representado por 0-1 y un 1 por 1-0). Por ejemplo para enviar el código de casa A, los cuatro bits correspondientes 0110 son transmitidos como parejas de bits complementarios 01101001. Debido a que los códigos de casa y códigos claves son enviados en formato complementario, el código de inicio el código de inicio es el único lugar donde el patrón 1110 aparecerá el flujo de datos X-10. Los códigos clave se representan con 10 bits en formato complementario y debido a que el último bit de los códigos clave es cero para la dirección de la unidad y uno para los códigos de función, el último bit (sufijo) de un código I+D Revista de Investigaciones ISSN 22561676 Volumen 1 Número 1 Año 01 Enero-Junio 2013 pp.xx-xx

NOMBRE NOMBRE APELLIDO APELLIDO, NOMBRE NOMBRE APELLIDO APELLIDO
 Efectos de la ejercitación gestual mediante sensores faciales en la expresión de la ira.

clave denota si es unidad o es función. Cada bloque de códigos (Inicio-Código Casa- Código Clave-Sufijo) es enviado dos veces, con tres ciclos de línea de poder (o seis cruces por cero) entre cada par de bloques de datos. Ejemplo: para encender un módulo X-10 asignado a un código de casa A, se debe enviar el siguiente flujo de datos sobre la línea de corriente un bit en cada cruce por cero. Primero se envía dos veces la dirección (Figura 2):

1110	01101001	10101001	01
START	HOUSE A	UNIT 2	Suffix
1110	01101001	10101001	01
START	HOUSE A	UNIT 2	Suffix

Figura 2. Envío de la dirección

Se espera tres ciclos (seis cruces por cero - 000000). Luego se envía el comando dos veces. Finalmente se espera tres ciclos (seis cruces por cero) antes de enviar el siguiente bloque.

Implementación de la tecnología X-10

En la Figura 3 se muestran los componentes del sistema domótico basado en la estructura del protocolo X-10.

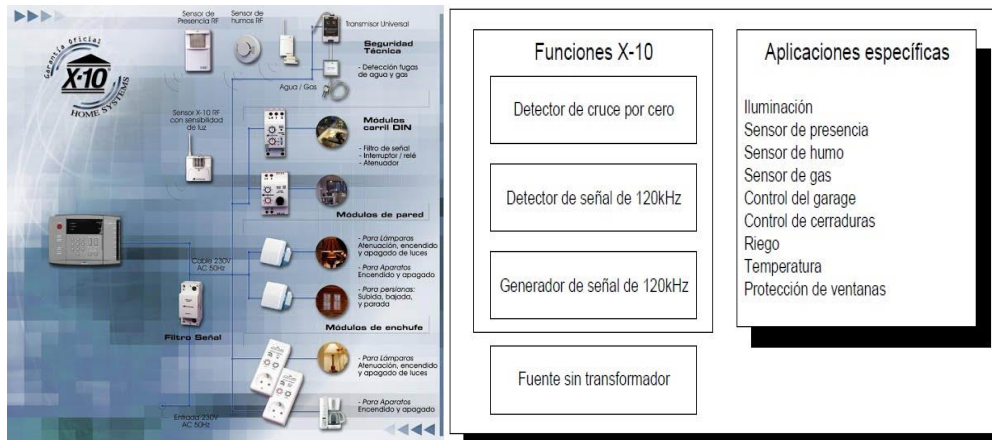


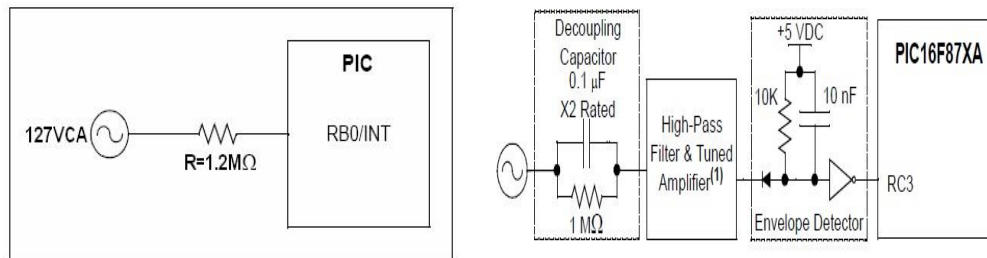
Figura 3. Sistema domótico X-10

El controlador permite actuar sobre el sistema y emite las órdenes y las convierte en impulsos modulados para ser distribuidas a los receptores de la casa a través del cableado eléctrico. El medio de transmisión corresponde al canal de comandos X-10 desde el controlador de módulos, que para este caso es la red eléctrica de 120 V de la vivienda. Las

ordenes se propagan en todas la direcciones de la instalación eléctrica de la casa y aunque lleguen a todos los módulos conectados solo al que va dirigido lo interpreta y lo ejecuta el comando. Los receptores reciben las señales X-10 por medio de portadoras en la red eléctrica de la casa capturando las ordenes a ejecutar. El sensor es el módulo de adquisición de datos de radiofrecuencia del sistema, que captura las ordenes remotas desde una central domótica, donde se instala el software de usuario

El sistema domótico de la Figura 3 puede ser implementado mediante el PIC16f877A. En el protocolo X-10, la información que se envía es sincronizada con los cruce por cero de la línea de corriente alterna. Un detector de cruce por cero puede ser fácilmente creado utilizando una interrupción externa del PIC seleccionado, provocando que el PIC suspenda cualquier programa que este ejecutando y atendiendo el cambio que se hizo. Esta detención puede lograrse con la presencia de flanco izquierdo o flanco derecho en la señal de entrada hay que tener en cuenta que si conectara el voltaje de la línea eléctrica a una terminal del PIC esta dañaría y provocaría algún daño el, es necesario limitar la corriente que la terminal recibe utilizando una resistencia en serie.

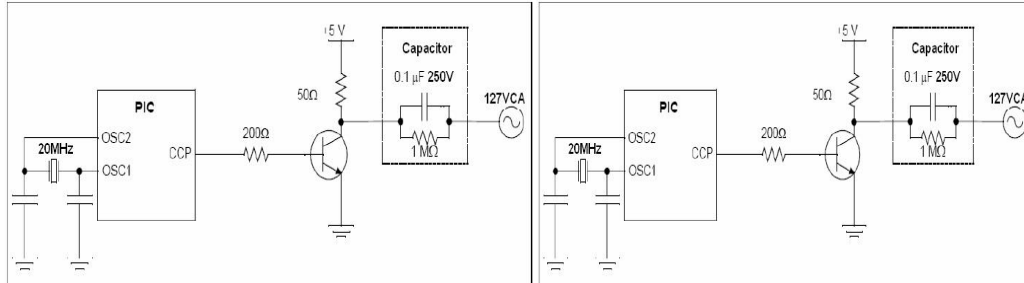
Figura 4. Detector de cruce por cero y detector de señal.



Para enviar un uno lógico en el cruce por cero de la C.A. se envía una señal de 120 KHz con una duración de 1ms. Esta señal generalmente llega a ser del orden de los mili voltios, es necesaria filtrarla de la señal de 60 Hz y amplificarla para que el PIC se capaz de procesarla. Se debe utilizar un filtro pasa altas, un amplificador sintonizado y un detector de frecuencia. Es posible general la señal de 120 KHz con un circuito externo al PIC. Una terminal del PIC sería la que habilitaría o deshabilitaría la generación de 120 KHz. Pero usando uno de los módulos de captura –comparación del PIC es posible general esta señal, configurándolo como modulación de anchura de pulsos PWM. Adicionalmente, se

recomienda utilizar una fuente sin transformador para evitar el montaje de transformadores en cada unidad a controlar.

Figura 5. Generador de señal y fuente sin transformador.



Resultados

En la Figura 6 se presenta la solución planteada y basada en el protocolo X-10 utilizando su estructura y principales características de funcionamiento, para el diseño de un circuito de control el cual sea capaz de interactuar con los dispositivos X-10 como actuadores, interruptores, sensores.

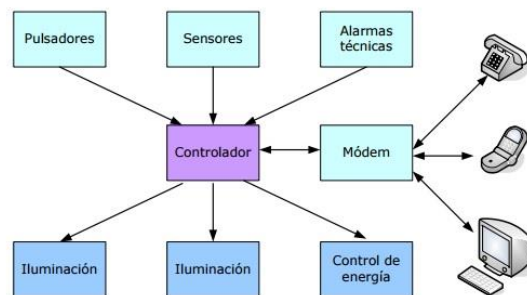


Figura 6. Solución propuesta.

Los actuadores considerados se muestran en la Figura 7 junto con los costos asociados.

NOMBRE NOMBRE APELLIDO APELLIDO, NOMBRE NOMBRE APELLIDO APELLIDO
Efectos de la ejercitación gestual mediante sensores faciales en la expresión de la ira.

MODULOS X-10	CARACTERISTICAS	PRECIO UNIDAD
Consola De seguridad PS561	Unidad de control hasta en 16 zonas.	130000.
Controlador De Tonos TR16A	Módulo de domótica para el control mediante línea telefónica.	220000.
Control De Lámparas LM465	Control y gradúa la intensidad de lámparas, bombillos y similares del tipo incandescente.	67700.
Electrodomésticos AM466	Controla todo tipo de electrodoméstico.	65000.
Switch De Pared WS467	Control automático o manualmente de encender y apagar de bombillos.	28000.
Interfaz USB CM15A	Permite el control de su instalación X-10 mediante un computador.	420000.
Transceiver RR501	Transceptor RF para controles remotos X-10.	142000.
Sensor puertas y ventanas DS10A	Sensor magnético para detectar apertura de puertas y ventanas.	52000.
Control Remoto SH624	Control de alarmas y módulos x-10.	65800.
Sensor de movimiento MS10a	Sensor de movimiento.	75000.

Figura 7. Actuadores X-10.

Para realización del proyecto se adquieren los siguientes módulos de x-10: Módulo LM465: Controla y gradúa la intensidad de lámparas, bombillos incandescentes desde cualquier central de control. Control remoto RF: Control de hasta 16 dispositivos x-10 diferentes. Permite el control de luces en forma remota. Consola de seguridad X-10 PS561: su función básica es como transceiver de RF. Control de dispositivos remotos X-10. En la Figura 8 se muestra el montaje obtenido.



Figura 8. Módulos de control X-10.

El circuito de control fue implementado en la raspberry pi siguiendo la nota de aplicación del PIC. Considerando los resultados de la validación del protocolo, se realizaron pruebas para cada una de las etapas con el objetivo de verificar el funcionamiento de los diseños correspondientes al transmisor de comandos X10. Se ejecutan dos pruebas: La primera prueba consiste en verificar la generación de la señal de alta frecuencia a 120 KHZ.

NOMBRE NOMBRE APELLIDO APELLIDO, NOMBRE NOMBRE APELLIDO APELLIDO
Efectos de la ejercitación gestual mediante sensores faciales en la expresión de la ira.

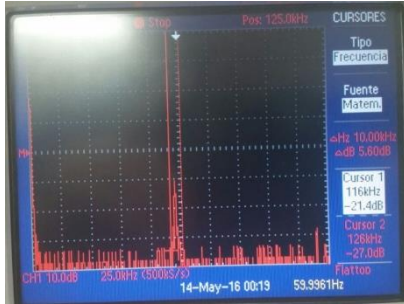


Figura 9. Espectro señal portadora.

La segunda prueba consiste en la verificación del funcionamiento del circuito de generación de la señal portadora y detector de cruces por cero.

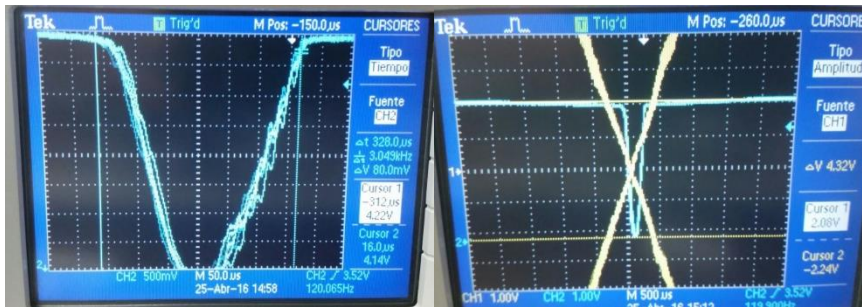


Figura 10. Detector de cruce por cero.

El funcionamiento del montaje completo se verifica mediante el encendido de luminarias usando interfaz gráfica en la raspberry pi.

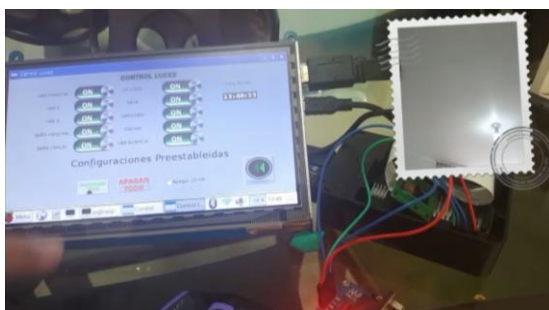


Figura 11. Encendido de luminarias.

Las pruebas muestran la necesidad de diseñar una fuente de DC para acoplar la fase de la red eléctrica con la tierra del circuito electrónico. Se decide realizar montaje de una fuente sin transformador para mantener la sencillez del diseño. Si esto no se realiza, las

protecciones del sistema no tienen efecto y se producen sobre-corrientes haciendo estallar los transistores.

Debido a que el valor de la señal de 120 KHZ al ser incluida en la portadora de 60HZ solo presenta un nivel menor a 1V, es necesario mejorar el filtro de acoplamiento. Se realizarán pruebas adicionales considerando filtros sintonizados usando bobinas extraídas tipo radio FM.

Conclusión

La principal ventaja del protocolo X10 reportada en la literatura es su facilidad de instalación frente a otros protocolos que necesitan líneas específicas y por lo tanto, una infraestructura adicional existente. Sin embargo, dicha característica puede ser encontrada en tecnologías wifio similares. No obstante, el sistema es muy sensible a las perturbaciones que puedan existir en la red eléctrica doméstica generando riesgo de propagación de la señales X-10 por las redes eléctricas a una o varias instalaciones vecinas. El costo asociado a la solución puede incrementarse si se considera que el número de elementos es limitado. Asimismo, no es recomendable el uso en viviendas tipo apartamento. En general, se recomienda investigación en otro tipo de tecnología basada en wifi.

Referencias

Dispositivos X-10 [En línea] Disponible en:

<http://www.electronicoscaldas.com/alarmas-domotica/182-modulo-x10-para-control-de-electrodomesticos-am486.html>.

Diseño X-10 [En Línea] Disponible en:

<https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/8100/1/DISE%C3%91O%20DE%20UN%20SISTEMA%20DOM%C3%93TICO%20APLICADO%20A%20UNA%20CL%C3%8DNICA%20DE%20HEMODI%C3%81LISIS.pdf>

Automatización de un hogar utilizando un PIC [En línea] Disponible en:

<http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/00236a.pdf>

Domótica X-10 [En línea] Disponible en:

<http://www.domoticaviva.com/X-10/X-10.htm>

Diseño X-10 En [En línea] Disponible en:

<https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/18228/Memoria.pdf>

Diseño X-10 En [En línea] Disponible en:

NOMBRE NOMBRE APELLIDO APELLIDO, NOMBRE NOMBRE APELLIDO APELLIDO
Efectos de la ejercitación gestual mediante sensores faciales en la expresión de la ira.

<http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/00236a.pdf>.