

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCABELICA**

(Creado por Ley N° 25265)



**FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA - SISTEMAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

## **TESIS**

**SISTEMA DE CONTROL DE LUMINARIAS  
ACTIVADO POR VOZ Y CON MONITOREO POR  
HMI, PARA AUTOMATIZAR LA ILUMINACIÓN  
EN EL PARANINFO DE LA FACULTAD DE  
INGENIERÍA ELECTRÓNICA – SISTEMAS DE  
LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN**

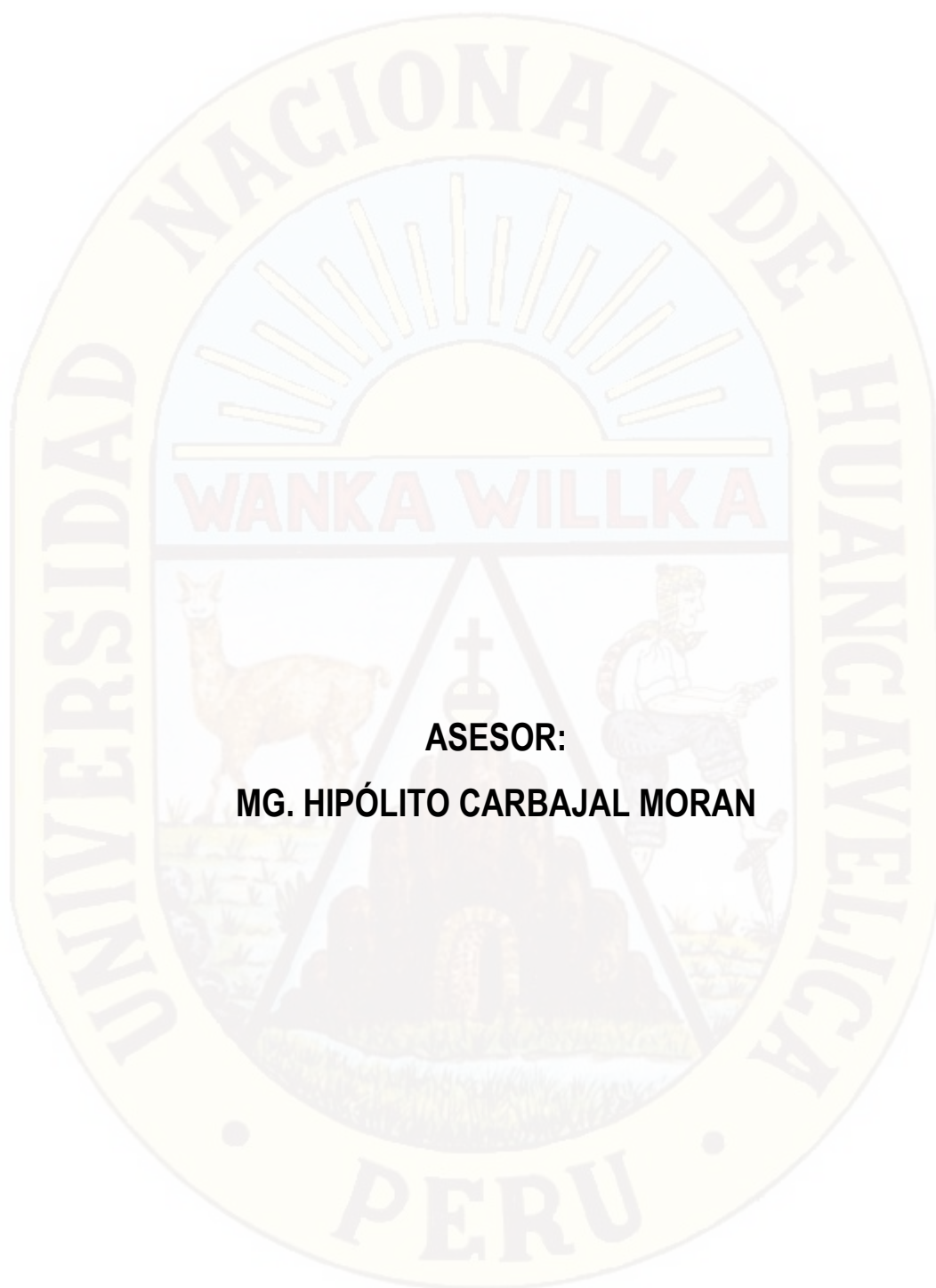
**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PRESENTADO POR:**

**BACH. ING. LIDSKI YOSEF ESPINOZA TRUCIOS**

**BACH. ING. ABEL GERSON ZARATE CÁCERES**

**HUANCABELICA, JUNIO DEL 2017**



**ASESOR:**

**MG. HIPÓLITO CARBAJAL MORAN**

## AGRADECIMIENTO

Agradecemos a la Universidad Nacional de Huancavelica por aceptarnos y formarnos académica, científica y tecnológicamente en la Carrera Profesional de Ingeniería Electrónica. Así como también, a todos los docentes quienes volcaron sus conocimientos en nosotros.

Agradecemos también al asesor de Tesis Mg. Hipólito Carbajal Morán por haber guiado el desarrollo de esta tesis brindando sus conocimientos tecnológicos y científicos.

A nuestros padres por apoyarnos en forma efectiva al logro de nuestros objetivos.

Finalmente agradecemos a todos los integrantes de la comunidad universitaria de la EPIE quienes se involucraron directa o indirectamente en la realización de este proyecto.

## ÍNDICE

Página	
AGRADECIMIENTO .....	iii
ÍNDICE .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
RESUMEN.....	xi
INTRODUCCIÓN.....	xii
CAPÍTULO I.....	1
PROBLEMA.....	1
1.1. Planteamiento del problema .....	1
1.2. Formulación del problema .....	4
1.2.1. Problema general.....	4
1.2.2. Problemas específicos .....	4
1.3. Objetivos.....	4
1.3.1. Objetivo general .....	4
1.3.2. Objetivos específicos .....	5
1.4. Justificación .....	5
1.4.1. Justificación económica .....	5
1.4.2. Justificación tecnológica .....	5
1.4.3. Justificación social .....	5
1.4.4. Justificación ecológica .....	6
CAPÍTULO II.....	7
MARCO TEÓRICO.....	7
2.1. Antecedentes.....	7
2.2. Bases teóricas .....	10
2.2.1. Reconocimiento de voz.....	10
2.2.2. Android.....	17
2.2.3. Arduino Nano .....	19
2.2.4. Comunicación Bluetooth .....	19
2.2.5. PLC S7 1200.....	20



2.2.6. TIA Portal V13.....	23
2.2.7. Interface Hombre Máquina (HMI).....	26
2.2.8. Comunicación del PLC y la pantalla táctil HMI KTP600 PN .....	29
2.3. Hipótesis.....	31
2.3.1. Hipótesis general .....	31
2.3.2. Hipótesis específicas .....	31
2.4. Definición de términos .....	31
2.5. Identificación de variables.....	33
2.5.1. Variable independiente .....	33
2.5.2. Variable dependiente .....	33
2.6. Definición operativa de variables e indicadores.....	33
CAPÍTULO III.....	35
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	35
3.1. Ámbito de estudio .....	35
3.2. Tipo de investigación .....	35
3.3. Nivel de investigación .....	35
3.4. Método de investigación .....	35
3.5. Diseño de investigación .....	36
3.6. Población, muestra y muestreo.....	37
3.6.1. Población .....	37
3.6.2. Muestra .....	37
3.6.3. Muestreo .....	38
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	38
3.8. Procedimiento de recolección de datos .....	40
3.9. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	40
CAPÍTULO IV .....	41
RESULTADOS .....	41
4.1. Control de luminarias activado por voz y con monitoreo por HMI .....	41
4.1.1. Diseño e implementación de la aplicación Android para control por comandos de voz de luminarias del paraninfo .....	42
4.1.2. Diseño e implementación del módulo de comunicación inalámbrico .....	48

4.1.3. Diseño e implementación del control de luminarias del paraninfo con PLC S7 1200.....	50
4.1.4. Adquisición de datos de iluminancia en el paraninfo de la FIES con PLC S7 1200.....	53
4.1.5. Implementación de la interface hombre máquina (HMI) para el monitoreo de luminarias del paraninfo .....	54
4.2. Pruebas estadísticas y de hipótesis.....	59
4.2.1. Prueba estadística de estado de encendido y apagado de luminarias frente a las deseadas por comandos de voz.....	60
4.2.2. Prueba de hipótesis específica 1 .....	61
4.2.3. Prueba estadística de monitoreo HMI de encendido y apagado de luminarias frente a las deseadas por comandos de voz .....	63
4.2.4. Prueba de hipótesis específica 2 .....	65
4.2.5. Prueba de hipótesis general.....	67
4.3. Discusión .....	67
CONCLUSIONES.....	69
RECOMENDACIONES.....	70
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA .....	71
ARTÍCULO CIENTÍFICO .....	73
ANEXOS .....	82
Anexo 1. Formato de encuesta aplicado a usuarios del paraninfo .....	83
Anexo 2. Tratamiento de la encuesta aplicado a usuarios del paraninfo .....	84
Anexo 3. Características técnicas del PLC SIMATIC S7-1200 .....	86
Anexo 4. Diagrama de distribución de luminarias y reflectores en el interior del paraninfo de la FIES.....	87
Anexo 5. Diagrama de flujo de los bloques de la interface de control de luminarias del paraninfo desarrollado para Android.....	88
Anexo 6. Diagrama de bloques de la interface de control de luminarias del paraninfo desarrollado para Android .....	91
Anexo 7. Diagrama esquemático general del módulo de comunicación inalámbrico e interface de 5 V a 24 V para PLC. ....	101

Anexo 8. Codificación del receptor por Bluetooth de comandos de control por voz .....	102
Anexo 9. Muestras tomadas de comandos de voz, activación/desactivación de luminarias y estados en HMI .....	112
Anexo 10. Galería de fotos .....	120



## ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1.1. Medición de iluminancia en el interior del paraninfo de la FIES.....	2
Tabla 1.2. Resultado de encuesta a usuarios del paraninfo de la FIES. ....	3
Tabla 2.1. Evolución de versiones y fechas de distribución de Android .....	18
Tabla 2.2. Conexiones Ethernet con la CPU S7-1200.....	30
Tabla 2.3. Definición operativa de variables e indicadores.....	33
Tabla 3.1. Tabla de niveles de confianza para Z.....	37
Tabla 3.2. Instrumento de recolección de datos .....	40
Tabla 4.1. Comandos de voz y su codificación para control de activación/desactivación de luminarias de la FIES.....	42
Tabla 4.2. Continuación, comandos de voz y su codificación para control de activación/desactivación de luminarias de la FIES .....	43
Tabla 4.3. Variables estándar para conexión a la HMI .....	55
Tabla 4.4. Estadística de muestras relacionadas de estado de activación/desactivación de luminarias por comandos de voz. ....	60
Tabla 4.5. Correlación de muestras relacionadas de estado de activación/desactivación de luminarias por comandos de voz. ....	61
Tabla 4.6. Prueba t de muestras apareadas de estado de activación/desactivación de luminarias por comandos de voz. ....	61
Tabla 4.7. Estadística de muestras relacionadas de estado de activación/desactivación de luminarias y estado en HMI de luminarias. ....	64
Tabla 4.8. Correlación de muestras relacionadas de estado de activación/desactivación de luminarias y estado en HMI de luminarias. ....	64
Tabla 4.9. Prueba t de muestras apareadas de estado de activación/desactivación de luminarias y estado en HMI de luminarias. ....	64



## ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 2.1. Interface de programación de MIT App Inventor .....	12
Figura 2.2. Diagrama de funcionamiento de App Inventor .....	13
Figura 2.3. Uso de sentencias de App Inventor .....	14
Figura 2.4. Estructuras condicionales de App Inventor .....	15
Figura 2.5. Bucles empleados en App Inventor .....	15
Figura 2.6. Diagrama de asignación de variables de App Inventor .....	16
Figura 2.7. Diagrama de funcionamiento de App Inventor .....	17
Figura 2.8. Icono de Android que identificará la aplicación App .....	18
Figura 2.9. Arduino Nano 3.0 .....	19
Figura 2.10. Icono de Bluetooth .....	20
Figura 2.11. Estructura básica de Simatic PLC S7 1200 .....	22
Figura 2.12. Bloques y funciones de programación de Simatic PLC S7 1200 .....	23
Figura 2.13. Comunicación básica del TIA PORTAL .....	24
Figura 2.14. Estructura del TIA Portal .....	25
Figura 2.15. Panel de interface HMI .....	27
Figura 2.16. Panel basic KTP600 PN basic .....	27
Figura 4.1. Diagrama de bloques del sistema de control de luminarias activado por voz y con monitoreo por HMI. ....	41
Figura 4.2. Diagrama de flujo del algoritmo de identificación de comandos de voz para control de luminarias de paraninfo y envío por Bluetooth .....	44
Figura 4.3. Interface de la pantalla principal de la aplicación Android de reconocimiento de comando de voz.....	45
Figura 4.4. Bloque de búsqueda de dispositivo y almacenamiento en base de datos TinyDB1.....	46
Figura 4.5. Bloque de conexión con Bluetooth cliente integrado al PLC S7 1200.....	46
Figura 4.6. Bloque de salida de aplicación.....	46
Figura 4.7. Interface de la pantalla de control de luminarias del paraninfo desarrollado como aplicación para Android. ....	47

Figura 4.8. Diagrama de flujo del módulo de comunicación por Bluetooth HC 05 para control de luminarias. ....	48
Figura 4.9. Diagrama del módulo de comunicación por Bluetooth HC 05 para control de luminarias. ....	49
Figura 4.10. Codificación del receptor de comandos de control por voz .....	50
Figura 4.11. Diagrama de flujo de la comunicación por Bluetooth HC 05 para control de luminarias. ....	50
Figura 4.12. Diagrama de control de luminarias implementado en ladder (LD). ....	51
Figura 4.13. Diagrama de control de encendido de luces decorativas nocturnas. ....	52
Figura 4.14. Diagrama del módulo de comunicación por Bluetooth HC 05 para control de luminarias. ....	53
Figura 4.15. Diagrama de normalización y escalado de la señal analógica de iluminancia en el interior del paraninfo de la FIES. ....	54
Figura 4.16. Diagrama del monitoreo por HMI KTP600 PN basic de luminarias del paraninfo de la FIES. ....	55
Figura 4.17. Pantalla principal del HMI para el monitoreo de luminarias del paraninfo de la FIES. ....	57
Figura 4.18. Pantalla de monitoreo del estado de luminarias del paraninfo de la FIES. ....	58
Figura 4.19. Pantalla de visualización del nivel de iluminancia en el paraninfo. ....	59
Figura 4.20. Estado de activación/desactivación de luminarias como respuesta al estado deseado por comando de voz. ....	60
Figura 4.21. Región de rechazo y no rechazo de la hipótesis nula $H_0$ . ....	63
Figura 4.22. Estado de activación/desactivación de luminarias monitoreado en la HMI como respuesta al estado deseado por comando de voz .....	64
Figura 4.23. Región de rechazo y no rechazo de la hipótesis nula $H_0$ . ....	66

## RESUMEN

El paraninfo de la Facultad de Ingeniería Electrónica- Sistemas (FIES) no cuenta con un sistema que automatice la iluminación en función a la necesidad de usuarios. Hoy en día la tecnología permite a auditorios y paraninfos como éste, brindar servicios de mayor calidad desde sus instalaciones, seguridad, comodidad y comunicaciones. Es por eso que este proyecto incorpora un sistema capaz de automatizar la iluminación en el paraninfo de la FIES-UNH ofreciendo confort visual. Se plantea como objetivo: Diseñar e implementar el sistema de control por comandos de voz e interface HMI que automatice el proceso de activación y desactivación de las luminarias del paraninfo de la Facultad de Ingeniería Electrónica - Sistemas de la Universidad Nacional de Huancavelica. El método empleado es el científico, como método particular se usó el experimental que utilizó como procesos lógicos la inducción y la deducción, permitiendo evidenciar la automatización efectiva del proceso de activación y desactivación de las luminarias del paraninfo de la Facultad de Ingeniería Electrónica - Sistemas. Como resultado se implementó un prototipo del sistema de control de luminarias activado por voz y con monitoreo por HMI, se estableció que el controlador por comandos de voz y comunicación inalámbrica por Bluetooth integrado con un controlador lógico programable S7 1200 permitió controlar el proceso de activación y desactivación efectiva de luminarias. En conclusión: el módulo de reconocimiento de voz identifica 30 comandos con la aplicación desarrollado en Android y App Inventor 2, la interface hombre maquina (HMI) KTP 600 con PLC S7 1200 y comunicación PROFINET, monitorea adecuadamente el estado de las luminarias del paraninfo, el sistema de control por comandos de voz tiene una eficacia del 97.66 % para la activación y desactivación de las luminarias y la interface HMI, para el monitoreo del estado de las luminarias tiene una eficacia del 99.22 %. Por lo que el sistema de control por comandos de voz e interface HMI, automatiza adecuadamente el proceso de activación y desactivación de las luminarias del paraninfo de la Facultad de Ingeniería Electrónica - Sistemas de la Universidad Nacional de Huancavelica.

**Palabras clave:** Control voz, PLC, iluminación de auditorio, interface hombre máquina.



## INTRODUCCIÓN

El paraninfo de la FIES-UNH, tiene capacidad para 200 personas, cuenta con 32 luminarias de salón, 02 luminarias de atrio, 02 reflectores para atrio y 10 luces decorativas, cuyas llaves e interruptores se encuentran ubicados en la sala de control en el segundo nivel del paraninfo a una distancia de 30 metros del atrio. El control de iluminación del paraninfo es manual, toda vez que fue diseñado e implementado con cableado de red eléctrica tradicional, dependiendo la activación y desactivación de las luminarias exclusivamente de un personal de vigilancia de turno. En la actualidad con la tecnología existente es necesario automatizar este proceso. Este trabajo de investigación parte de la hipótesis: el sistema de control por comandos de voz e interface HMI, automatiza el proceso de activación y desactivación de las luminarias del paraninfo de la Facultad de Ingeniería Electrónica - Sistemas de la Universidad Nacional de Huancavelica. Se obtuvo como resultado un controlador por comandos de voz y comunicación inalámbrica, capaz de controlar el proceso de activación y desactivación de las luminarias y monitorear el estado de las luminarias desde la interface HMI.

El trabajo de investigación está organizado en cuatro capítulos que se describen a continuación:

Capítulo I; en este capítulo se aborda el planteamiento del problema, así como la formulación y los objetivos del estudio.

Capítulo II; contiene el marco teórico incluyendo los antecedentes y las bases teóricas que son el soporte para el desarrollo del trabajo de investigación. También contiene la hipótesis y las variables de estudio.

Capítulo III; aborda la metodología de la investigación empleada, la población, muestra y muestreo, así como las técnicas e instrumentos empleados y los procedimientos de toma de datos como la técnica de análisis de datos.

Capítulo IV; contiene la presentación de resultados y la discusión donde se prueba las hipótesis planteadas.

Se complementa la estructura del informe con las conclusiones y recomendaciones.

Los investigadores.



# CAPÍTULO I

## PROBLEMA

### 1.1. Planteamiento del problema

La Facultad de Ingeniería Electrónica- Sistemas (FIES) cuenta con un paraninfo, donde se desarrollan continuamente eventos de carácter académico-científico como: apertura de años académicos, sustentaciones de trabajos de investigación de docentes y estudiantes, capacitaciones, seminarios, congresos nacionales e internacionales, entre otros. El paraninfo tiene capacidad para 200 personas, cuenta con 32 luminarias de salón, 02 luminarias de atrio y 02 reflectores para atrio, cuyas llaves e interruptores se encuentran ubicados en la sala de control en el segundo nivel del paraninfo a una distancia de 30 metros del atrio. El control de iluminación del paraninfo de la FIES es manual, toda vez que fue diseñado e implementado con cableado de red eléctrica tradicional, dependiendo la activación y desactivación de las luminarias exclusivamente de un personal de vigilancia de turno. La iluminancia ideal en salones de paraninfos y auditorios es de 500 lux, tal como establece la norma EM 010 de instalaciones eléctricas de interiores (Artículo 3º)<sup>1</sup>. Sin embargo, al hacer las mediciones en el salón del paraninfo dividido en IX cuadrantes (ver anexo 4), con el instrumento medidor de iluminancia CA 813 fabricado por AMC, se determinó que la iluminancia a plena luz del día con las cortinas cerradas es en promedio 450 lux y la iluminancia en el atrio con los reflectores encendidos es de 503 lux. Por lo que la capacidad de la iluminancia en el interior del paraninfo es próximo a lo establecido en la norma EM 010. Estas

---

<sup>1</sup> Instalaciones eléctricas de interiores. Instituto de la Construcción y Gerencia. Hallado en URL: [http://www.construccion.org.pe/normas/rne2011/rne2006/files/titulo3/04\\_EM/RNE2006\\_EM\\_010.pdf](http://www.construccion.org.pe/normas/rne2011/rne2006/files/titulo3/04_EM/RNE2006_EM_010.pdf). Referenciado el 25 de febrero de 2015.

mediciones se llevaron a cabo en 10 eventos, teniendo las luminarias y reflectores encendidos en su totalidad en el evento 10 tal como se detalla en la Tabla 1.1.

**Tabla 1.1.** Medición de iluminancia en el interior del paraninfo de la FIES

Nº de evento	Estado de luminaria de auditorio (0 = apagado, 1 = encendido)									Iluminancia en salón de paraninfo (Lux)									Estado de reflectores de aforo (0 = apagado, 1 = encendido)		Estado de luminarias de aforo (0 = apagado, 1 = encendido)		Iluminancia de aforo (Lux)
	Fila									Cuadrante													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	1	2			
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.9	3.1	3.7	3.1	3.0	3.4	3.1	3.3	3.1	0	0	0	0	3.00
2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	411.8	287.0	3.1	3.9	3.3	4.0	3.5	2.7	2.9	0	0	0	0	116.90
3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	448.0	424.4	291.8	3.3	2.3	3.4	3.2	2.3	2.1	0	0	0	0	117.80
4	1	1	1	0	0	0	0	0	0	385.8	428.1	419.0	290.7	2.3	3.1	2.3	3.6	3.2	0	0	0	0	119.50
5	1	1	1	1	0	0	0	0	0	393.7	376.6	377.3	399.7	285.0	2.1	2.4	3.2	3.6	0	0	0	0	114.60
6	1	1	1	1	1	0	0	0	0	424.9	449.7	392.5	444.2	370.4	298.3	2.7	3.7	3.0	0	0	0	0	115.80
7	1	1	1	1	1	1	0	0	0	359.4	442.1	432.7	409.5	400.1	436.3	293.8	3.1	2.0	0	0	0	0	100.50
8	1	1	1	1	1	1	1	0	0	414.3	436.9	437.2	379.7	415.3	392.3	444.4	298.1	3.0	0	0	0	0	116.10
9	1	1	1	1	1	1	1	1	0	376.8	371.7	401.9	393.3	398.9	433.0	395.7	387.4	293.0	0	0	1	1	417.00
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	432.9	405.7	358.6	410.9	372.8	442.8	379.1	442.0	420.2	1	1	1	1	503.00

Fuente: Medido la iluminancia y sistematizado por los investigadores

En la Tabla 1.1, se observa que, si se activan adecuadamente las luminarias y reflectores instalados en el interior del paraninfo, se tendría la iluminación deseada. Para evidenciar el problema, se encuestó a 20 usuarios del paraninfo sobre diversos aspectos relacionados con la iluminación (ver Anexo 1) donde el enunciado 1, relacionado con el encendido adecuado de la iluminación usando tecnología actual, tiene un porcentaje desfavorable del 80 % y en el enunciado del ítem 4 “Las luminarias se apagan adecuadamente permitiendo ahorro de energía” se obtiene una puntuación desfavorable del 65 % (ver Tabla 1.2), lo cual evidencia que en la mayoría de los eventos académicos – científicos desarrollados, existe una deficiente e inadecuada activación de las luminarias, creando malestar entre los asistentes y visitantes.

**Tabla 1.2.** Resultado de encuesta a usuarios del paraninfo de la FIES.

N°	Enunciado	% Puntuación favorable	% Puntuación desfavorable
1	Durante los eventos en el paraninfo a los que asistí las luminarias se encienden adecuadamente, utilizando tecnología actual.	20	80
2	En el paraninfo la iluminación es adecuada.	41	59
3	Estoy satisfecho con la iluminación en el paraninfo de la FIES.	41	59
4	Las luminarias se apagan adecuadamente permitiendo ahorro de energía.	35	65

Fuente: Encuesta a usuarios del paraninfo de la FIES (Ver anexo 2)

Por otro lado, dado que la FIES cuenta con carreras de Ingeniería Electrónica e Ingeniería de Sistemas, que son de alto dominio de la ciencia y tecnología, el paraninfo debería tener un sistema de iluminación acorde con el desarrollo tecnológico. Para dar solución a problemas similares relacionados con el control de iluminación se desarrollaron diversas investigaciones en diferentes universidades como: Panta Javier (2012) en su tesis titulada *“Control domótico por voz”*, desarrolla una interfaz de reconocimiento de voz para un sistema domótico, la tarea principal de este producto fue el reconocer comandos de voz y convertirlos en comandos domóticos (comandos que entiende el sistema domótico). Barrera y Londoño (2012) en su tesis titulada *“Análisis y diseño de un prototipo de sistema domótico de bajo costo”*, evalúa y selecciona alternativas encaminadas a diseñar un sistema domótico de bajo costo para aplicaciones didácticas, en el marco de un proyecto de la Universidad de Antioquia. García y Ortiz (2010) en su tesis titulada *“Automatización del auditorio N° 2 de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, del Instituto Politécnico Nacional de México”*, proponen la aplicación de la automatización con el fin de modernizar el auditorio y mejorar el control en las presentaciones con el empleo de la domótica.

La Tabla 1.2, en ítem 1, al tener la puntuación desfavorable más alta, evidencia la falta de un sistema electrónico que mejore el proceso de activación y desactivación de los interruptores de encendido de las luminarias del interior del



paraninfo, empleando tecnología adecuada, por lo que, para automatizar la iluminación del paraninfo de la FIES-UNH, se propuso diseñar e implementar un sistema de control de iluminación activado por comandos de voz y con monitoreo por HMI. Para la activación de las luminarias y reflectores por comandos de voz, se emplea un sistema de reconocimiento por voz desarrollado en App para Android con comunicación Bluetooth; la interface hombre máquina (HMI) para monitoreo de las luminarias, se desarrolla para una pantalla táctil HMI KTP600 PN que se comunica con el PLC S7 1200 por medio de PROFINET.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema general**

- ¿Cómo automatizar por medio de la voz e interface HMI el proceso de activación y desactivación de las luminarias del paraninfo de la Facultad de Ingeniería Electrónica - Sistemas de la Universidad Nacional de Huancavelica?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Qué características deberá tener el módulo de reconocimiento de comandos de voz para activar y desactivar las luminarias del paraninfo?
- ¿Cuáles son los componentes principales que deberá tener la HMI para el monitoreo del estado de las luminarias del paraninfo?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo general**

- Diseñar e implementar el sistema de control por comandos de voz e interface HMI para automatizar el proceso de activación y desactivación de las luminarias del paraninfo de la Facultad de Ingeniería Electrónica - Sistemas de la Universidad Nacional de Huancavelica.



### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Determinar las características que deberá tener el módulo de reconocimiento de voz para activar y desactivar, por comandos, las luminarias del paraninfo.
- Determinar los componentes principales que deberá tener la interface HMI para el monitoreo del estado de las luminarias del paraninfo.

## **1.4. Justificación**

### **1.4.1. Justificación económica**

El trabajo de investigación se justifica económicamente ya que se prevé una interface amigable que es activada de manera interactiva por un usuario interesado en hacer uso del paraninfo de la Facultad de Ingeniería Electrónica – Sistemas; y no requiere de una persona exclusiva para la activación y desactivación de las luminarias instaladas en el interior del paraninfo.

### **1.4.2. Justificación tecnológica**

El sistema de control de iluminación está compuesto del módulo de reconocimiento de voz basado en Android y App Inventor 2 e integrado al PLC S7 1200 y la interface HMI con pantalla touch screen KTP 600. Siendo estos componentes tecnológicos de desarrollo reciente, justifican tecnológicamente al sistema de control de iluminación que se propone ya que se adapta fácilmente a aplicaciones para otros sistemas de control.

### **1.4.3. Justificación social**

Las instituciones de formación profesional están cada vez más interesadas en proyectar buena imagen hacia la comunidad académica – científica. Por lo que en estos tiempos deben demostrar una alta aplicación de la tecnología existente, para poder destacar de las otras instituciones. En tal sentido la solución al problema planteado con el

sistema de control de iluminación por comandos de voz, está justificada socialmente.

#### **1.4.4. Justificación ecológica**

El desarrollo de este proyecto propicia el ahorro de energía eléctrica al permitir el sistema de control el apagado de las luminarias de manera inmediata por comandos de voz y con monitoreo por HMI, de manera que no se consumirá energía eléctrica innecesariamente.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes**

Como antecedentes para el desarrollo de este trabajo de investigación se tomaron las siguientes investigaciones:

**Panta J. Control domótico por voz [Proyecto final de carrera para optar el título de ingeniero en informática de sistemas]. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática, Universidad Politécnica de Valencia. España; 2012.<sup>2</sup>**

En esta investigación se creó un sistema para controlar un hogar mediante la voz. Concretamente, detallando los procesos de análisis, diseño, implementación y pruebas de un prototipo de interfaz por voz que se conecta a un sistema domótico. El sistema domótico está compuesto de un servidor domótico y partes móviles distribuidas dentro de un hogar. Se basó en varios proyectos que usan el reconocimiento de voz en distintos campos. Dentro de la Escuela de Informática de la Universidad Politécnica de Valencia (UPV) algunos de los trabajos más recientes que se tomaron fueron el desarrollo de una interfaz de usuario sin contacto que utiliza Arduino como elemento fundamental de control, además del hardware Microsoft Kinetic; y el desarrollo de un sistema para usar un navegador web mediante la voz en plataformas Linux [1]. Siendo de utilidad para el trabajo de investigación que se desarrolló los algoritmos de reconocimiento de voz que permitieron el control por comandos de voz.

---

<sup>2</sup> Hallado en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/17631>. Referenciado el 25 de febrero de 2015.

**Barrera M, Londoño N. Análisis y diseño de un prototipo de sistema domótico [Artículo Científico]. Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia. Colombia; 2013.<sup>3</sup>**

El artículo presenta la evaluación y selección de alternativas encaminadas a diseñar un sistema domótico de bajo costo para aplicaciones didácticas, en el marco de un proyecto de la Universidad de Antioquia. Apoyado en un estado del arte, se presentaron los criterios de selección y los diferentes elementos que conforman el sistema diseñado. Inicialmente se mostraron algunas características del protocolo de comunicación seleccionado, ZigBee; posteriormente, se explicaron el diseño de las tarjetas electrónicas necesarias y la interfaz de control. Se registraron, por último, los resultados obtenidos en el desarrollo de pruebas para la comprobación del correcto funcionamiento del sistema [2].

**García J, Ortiz C. Automatización del auditorio N° 2 de la ESIME [Trabajo para optar el título profesional de ingeniero en control y automatización]. Escuela Superior Tecnológica de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Instituto Politécnico Nacional. México; 2010.<sup>4</sup>**

El propósito de este proyecto fue la propuesta de la aplicación de la automatización al auditorio número 2 de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica unidad Zacatenco con el fin de la modernización de este, mejor control en la iluminación, presentaciones, seguridad, eficiencia y confort en su uso mediante la aplicación de la domótica. El auditorio al que se aplicó en este proyecto ya es una construcción establecida como parte del Instituto Politécnico Nacional por lo cual el esmero con el fin de incrementar el nivel del mismo fue bueno. Cada uno de los sistemas está regido por diversas normatividades por lo que su seguimiento es obligado. Normas como la ASHRAE que aplica a los sistemas de aire acondicionado, la NFPA que aplica a los sistemas de detección

---

<sup>3</sup> Hallado en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rfiua/n63/n63a11>. Referenciado el 25 de febrero de 2015.

<sup>4</sup> Hallado en: <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/6528/AUTOMATIZAUDIT.pdf>. Referenciado el 25 de febrero de 2015.



de incendios, etc. Estas normas son de ámbito internacional por lo que fue posible comprender que el cumplimiento de una norma, lejos de restringir u obstaculizar acciones, guía y orienta en el desarrollo de ingeniería para la proyección de cualquier sistema. Existen sistemas dentro de los edificios que no necesariamente tienen que cumplir con una normatividad, son un poco más libres y se basan principalmente en la generación de criterios según la aplicación (como CCTV y Control de accesos). La experiencia obtenida al realizar este trabajo permitió enfocar más los esfuerzos hacia los temas de edificios inteligentes como actividad profesional [3].

**Mendoza A. Diseño, programación y configuración de un sistema de control y monitoreo por voz para el manejo de sistemas de audio, video, seguridad e iluminación residencial [Proyecto de grado para optar el título de ingeniero en automatización y control]. Carrera de Ingeniería en Automatización y Control, Departamento de Eléctrica y Electrónica, Universidad de las Fuerzas Armadas. Ecuador; 2013.<sup>5</sup>**

El proyecto desarrollado tuvo como finalidad realizar un sistema de control residencial para el confort, comodidad y funcionalidad de los usuarios residentes en la misma. Para lo cual se necesitó elementos de control, parlantes, amplificadores, fuentes de audio elementos de red, cables de control, cables de audio, video análogos y de alta definición, adaptadores, licencias para los dispositivos de interfaz que permitirán realizar un sistema robusto, confiable y seguro para el funcionamiento de cualquier miembro de la casa. La funcionalidad del mismo tiene dos opciones de control del sistema, el primero mediante la voz de cualquier persona que acceda al sistema de ciertas funcionalidades, la segunda opción mediante el accionamiento mediante botones. Fue importante aclarar que el sistema de control realizado mediante la primera opción únicamente usó el idioma español. Al finalizar el proyecto se realizó una capacitación del sistema de control, manual de usuario en donde se incluyó una lista detallada y

---

<sup>5</sup> Hallado en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/7425>. Referenciado el 25 de febrero de 2015.

acciones de control que se realizan mediante los comandos de voz previamente configurados al usuario [4].

**Rea E, Pinos L. Control de componentes eléctricos y electrónicos por medio de comandos de voz [Tesis previa a la obtención del título de: ingeniero electrónico con mención en sistemas computacionales]. Facultad de Ingenierías, Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador; 2011.<sup>6</sup>**

En esta tesis el autor analizó el uso de la voz concluyendo en que se convertirá en el recurso a utilizar en aplicaciones, juguetes, herramientas, computadoras, equipos médicos, industrias y robótica. Determinó que hay un gran mercado esperando para esta tecnología perfeccionada y esté disponible para las aplicaciones. En este proyecto se detalló la implementación de un módulo que utiliza la tecnología de reconocimiento de voz para poder manejar equipos electrónicos y eléctricos. Esta tesis atendió al área industrial, en el cual un operario desde una cabina pudo transmitir órdenes a una maquinaria, manipulando por medio de su voz [5].

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Reconocimiento de voz**

El reconocimiento automático del habla o reconocimiento automático de voz es una disciplina de la inteligencia artificial que tiene como objetivo permitir la comunicación hablada entre seres humanos y computadoras. El problema que se plantea en un sistema de este tipo es el de hacer cooperar un conjunto de informaciones que provienen de diversas fuentes de conocimiento (acústica, fonética, fonológica, léxica, sintáctica, semántica y pragmática), en presencia de ambigüedades, incertidumbres

---

<sup>6</sup> Hallado en: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1665/13/UPS-GT000223.pdf>. Referenciado el 25 de febrero de 2015.

y errores inevitables para llegar a obtener una interpretación aceptable del mensaje acústico recibido<sup>7</sup>.

Un sistema de reconocimiento de voz es una herramienta computacional capaz de procesar la señal de voz emitida por el ser humano y reconocer la información contenida en ésta, convirtiéndola en texto o emitiendo órdenes que actúan sobre un proceso [6]. En su desarrollo intervienen diversas disciplinas, tales como: la fisiología, la acústica, la lingüística, el procesamiento de señales, la inteligencia artificial y la ciencia del procesamiento.

#### **2.2.1.1. App inventor 2**

App Inventor es un entorno de trabajo creado para el reconocimiento de voz, fue desarrollado por Google, pero en Agosto de 2012 fue publicado como Software Libre bajo la licencia Apache 2.0 y su desarrollo se traspasó al Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) [7]. El lenguaje de programación que se usa en App Inventor está claramente inspirado y toma muchos elementos de Scratch que está siendo desarrollado por el mismo MIT desde hace más de ocho años.<sup>8</sup>

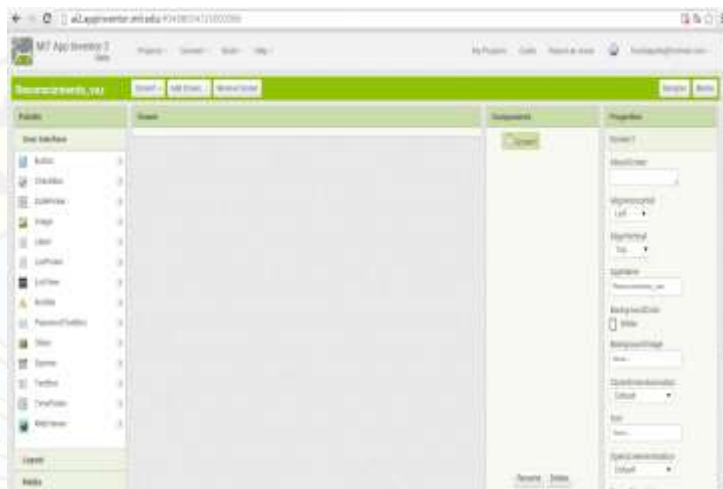
En la Figura 2.1 se puede apreciar la herramienta de diseño en el navegador con la que se construye el interfaz gráfico de la aplicación.

---

<sup>7</sup> Reconocimiento del habla. URL [http://es.wikipedia.org/wiki/Reconocimiento\\_del\\_habla](http://es.wikipedia.org/wiki/Reconocimiento_del_habla). Referenciado el 27 de febrero de 2015.

<sup>8</sup> Artículo; Uso de App Inventor. URL: <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/en/software/programacion/1090-uso-de-appinventor-en-la-asignatura-de-tecnologias-de-la-comunicacion-y-la-informacion>. Referenciado el 27 de febrero de 2015.





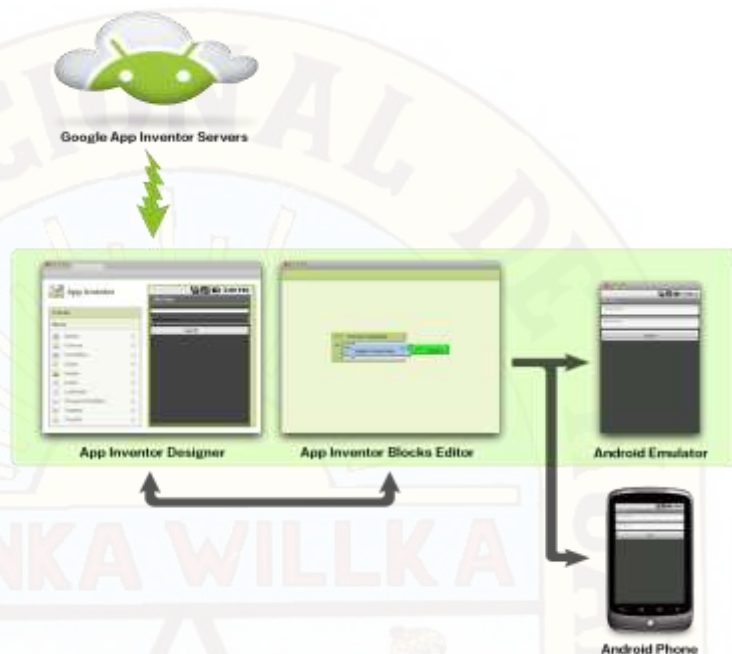
**Figura 2.1.** Interface de programación de MIT App Inventor  
(Fuente: <http://ai2.appinventor.mit.edu/>)

Con App Inventor se aprende a programar usando bloques de programación. Estos bloques están hechos con elementos comunes a la mayoría de los lenguajes de programación existentes. Se colocan bloques para construir bucles, condiciones, variables, etc. que permiten pensar lógicamente y solucionar los problemas de forma metódica, sin perder el tiempo en encontrar el punto y coma o los dos puntos que están donde no deben y producen errores de compilación o ejecución.<sup>9</sup>

En la Figura 2.2 se presenta el diagrama de funcionamiento de App Inventor, que cuenta con un servidor en la nube, una pantalla de diseño, un editor de bloques y emulador Android.

<sup>9</sup> Artículo; Uso de App Inventor. URL: <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/en/software/programacion/1090-uso-de-appinventor-en-la-asignatura-de-tecnologias-de-la-comunicacion-y-la-informacion>. Referenciado el 27 de febrero de 2015.





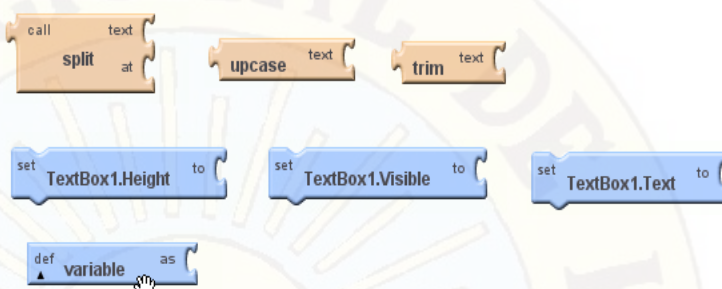
**Figura 2.2.** Diagrama de funcionamiento de App Inventor  
(Fuente: <http://appinventor.mit.edu/explore/content/what-app-inventor.html>)

#### **2.2.1.2. Elementos de programación en App Inventor**

##### **Sentencias:**

En App Inventor existen numerosos bloques que son sentencias de programación. Se distinguen rápidamente porque expresan una acción a realizar con un verbo en imperativo. Los más habituales son *call*, *set* y *def* (abreviatura de define). Además, los bloques que son sentencias sólo están disponibles en dos colores: azul para modificar variables o propiedades de un objeto y naranja para llamar a funciones. En la Figura 2.3 se ven algunas sentencias para dividir un texto en partes, convertirlo a mayúsculas, cambiar la altura,

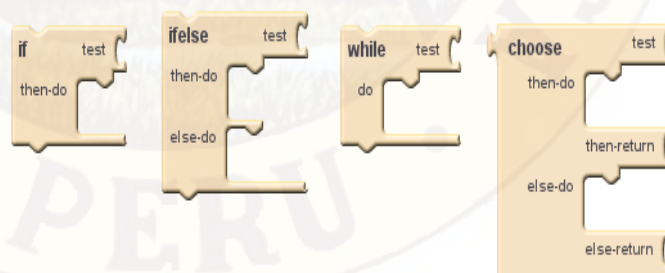
texto o visibilidad de un recuadro de texto o definir una variable.<sup>10</sup>



**Figura 2.3.** Uso de sentencias de App Inventor para manejo de textos (Fuente: <http://appinventor.mit.edu/explore/content/what-app-inventor.html>)

### Condiciones:

Con frecuencia necesitamos realizar distintas acciones en función de que ocurra o no algo. En App Inventor para condicionar los programas tenemos las estructuras if-then, if-then-else, while y choose:



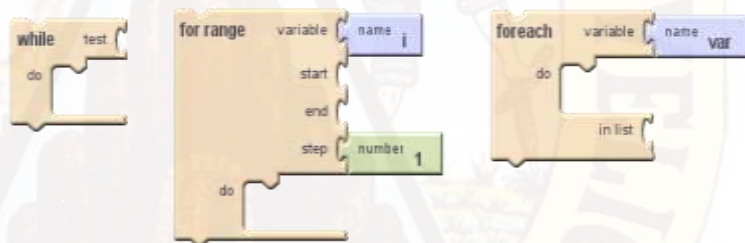
<sup>10</sup> Artículo; Uso de App Inventor. URL: <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/en/software/programacion/1090-uso-de-appinventor-en-la-asignatura-de-tecnologias-de-la-comunicacion-y-la-informacion>. Referenciado el 27 de febrero de 2015.

**Figura 2.4.** Estructuras condicionales de App Inventor  
(Fuente: <http://appinventor.mit.edu/explore/content/what-app-inventor.html>)

En todos estos bloques se puede ver (Figura 2.4) un espacio para encajar el test o pregunta que se hace el programa para decidir por donde continuar su flujo. Las tres primeras estructuras son habituales en la mayoría de los lenguajes, la última, choose, es prácticamente igual a if-then-else con la diferencia de que permite devolver una variable en función de que se cumpla o no el test.<sup>11</sup>

#### **Bucles:**

Un bucle provoca la ejecución repetida de varias sentencias. En App inventor se dispone de los bucles while, for range y foreach (ver Figura 2.5).



**Figura 2.5.** Bucles empleados en App Inventor  
(Fuente:<http://appinventor.mit.edu/explore/content/what-app-inventor.html>)

El primero ejecutará el bloque de sentencias que se encajen en el apartado “do” mientras se cumpla la condición que refleje el “test”. *For range* es el típico bucle “for” de otros

<sup>11</sup> Artículo; Uso de App Inventor. URL: <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/en/software/programacion/1090-uso-de-appinventor-en-la-asignatura-de-tecnologias-de-la-comunicacion-y-la-informacion>. Referenciado el 27 de febrero de 2015.

lenguajes de programación y, como tal, tiene las opciones de elegir el nombre de la variable que itera, su comienzo, fin y el tamaño de los saltos de iteración. Finalmente, foreach es un iterador sobre los elementos de una lista [7].

### Variables:

Se dispone de las herramientas para definir y cambiar variables. El tipo puede ser numérico o un texto y “se declara” al asignarle un valor por primera vez. (ver Figura 2.6).



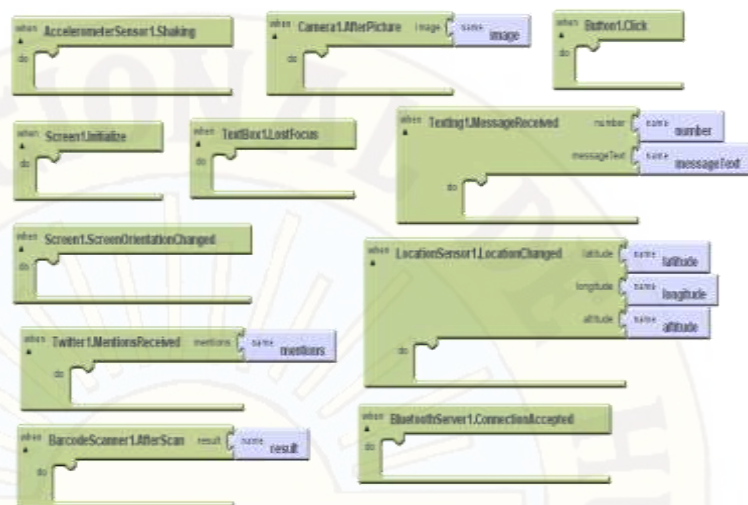
**Figura 2.6.** Diagrama de asignación de variables de App Inventor. (Fuente: <http://appinventor.mit.edu/explore/content/what-app-inventor.html>)

### Eventos:

Es indispensable que los programas sean capaces de responder a la interacción del usuario con el interfaz. Es ahí donde toman su importancia los bloques de App Inventor, para ejecutar acciones en respuesta a los eventos que se produzcan en el teléfono móvil o el tablet.<sup>12</sup> Por lo que las aplicaciones creadas con App Inventor están orientadas a eventos.

<sup>12</sup> Artículo; Uso de App Inventor. URL: <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/en/software/programacion/1090-uso-de-appinventor-en-la-asignatura-de-tecnologias-de-la-comunicacion-y-la-informacion>. Referenciado el 27 de febrero de 2015.





**Figura 2.7.** Diagrama de funcionamiento de App Inventor  
(Fuente: <http://appinventor.mit.edu/explore/content/what-app-inventor.html>)

En la Figura 2.7 se puede ver algunos de estos eventos. De esta selección se aprecia que con App Inventor no sólo se dispone de objetos que se pueden colocar en la pantalla como un botón o imagen, sino también de otros muchos objetos que nos dan acceso a las funcionalidades que tienen los teléfonos y tablets Android.

### 2.2.2. Android

Android es un sistema operativo basado en el núcleo Linux. Fue diseñado principalmente para dispositivos móviles con pantalla táctil, como teléfonos inteligentes o tablets; y también para relojes inteligentes, televisores y automóviles. Inicialmente fue desarrollado por Android Inc., empresa que Google respaldó económicamente y más tarde, en 2005, compró. Android fue presentado en 2007 junto la fundación del Open Handset Alliance (un consorcio de compañías de hardware, software y telecomunicaciones) para avanzar en los estándares abiertos de los

dispositivos móviles.<sup>13</sup> El primer móvil con el sistema operativo Android fue el HTC Dream y se vendió en octubre de 2008. Los dispositivos de Android venden más que las ventas combinadas de Windows Phone y IOS.<sup>14</sup> En la Figura 2.8 se muestra la mascota de Android.



**Figura 2.8.** Icono de Android que identificará la aplicación App. (Fuente: <https://www.android.com/>)

Android durante los últimos años ha evolucionado notablemente (ver Tabla 2.1), estando a la fecha en la versión 5.0 con mejoras para el reconocimiento de voz [8].

**Tabla 2.1.** Evolución de versiones y fechas de distribución de Android

Versión	Nombre en código	Fecha de distribución
5.0	Lollipop	3 de noviembre de 2014
4.4	Kit Kat	31 de octubre de 2013
4.3	Jelly Bean	24 de julio de 2013
4.2	Jelly Bean	13 de noviembre de 2012
4.1	Jelly Bean	9 de julio de 2012
4.0	Ice Cream Sandwich	16 de diciembre de 2011
3.0	Honeycomb	22 de febrero de 2011
2.3	Gingerbread	9 de febrero de 2011
2.2	Froyo	20 de mayo de 2010

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Android>.

<sup>13</sup> Android. URL: <http://es.wikipedia.org/wiki/Android>. Referenciado el 27 de febrero de 2015.

<sup>14</sup> Samsung sells more smartphones than all major manufacturers combined in Q1. URL: <http://www.sammobile.com/2014/05/01/samsung-sells-more-smartphones-than-all-major-manufacturers-combined-in-q1/>. Consultado el 27 de febrero de 2015.

### 2.2.3. Arduino Nano

Arduino Nano es una pequeña y completa placa basada en el ATmega 328 (Arduino Nano 3.0) que se usa conectándola a un protoboard [9]. No posee conector para alimentación externa, y funciona con un cable USB Mini-B en vez del cable estándar.<sup>15</sup> (Ver Figura 2.9)



**Figura 2.9.** Arduino Nano 3.0 (Fuente: [http://tienda.bricogeek.com/41-thickbox\\_default/arduino-Nano.jpg](http://tienda.bricogeek.com/41-thickbox_default/arduino-Nano.jpg))

El Arduino Nano tiene algunos métodos para la comunicación con dispositivos, otro Arduino, u otros microcontroladores. El ATmega 168 y el ATmega 328 poseen un módulo UART que funciona con TTL (5V) el cual permite una comunicación serial disponible usando los pines 0 (RX) y 1 (TX). Arduino Nano presenta la comunicación serial el cual es adecuado para la comunicación por un módulo Bluetooth que será enlazado a una aplicación de reconocimiento de comandos de voz para Android.

### 2.2.4. Comunicación Bluetooth

Bluetooth es una especificación industrial para Redes Inalámbricas de Área Personal (WPAN) que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia en la banda ISM de los 2,4 GHz. Los principales objetivos que se pretenden

---

<sup>15</sup> Arduino Nano. URL: [http://www.leophix.com/arduino?option=com\\_content&view=article&id=531&Itemid=205&p=204](http://www.leophix.com/arduino?option=com_content&view=article&id=531&Itemid=205&p=204). Referenciado el 27 de febrero de 2015.

conseguir con esta norma son: facilitar las comunicaciones entre equipos móviles, eliminar los cables y conectores entre éstos. Ofrecen la posibilidad de crear pequeñas redes inalámbricas y facilitar la sincronización de datos entre equipos personales. Los dispositivos que con mayor frecuencia utilizan esta tecnología pertenecen a sectores de las telecomunicaciones y la informática personal, como PDA, teléfonos móviles, computadoras portátiles, ordenadores personales, impresoras o cámaras digitales.<sup>16</sup>



**Figura 2.10.** Icono de Bluetooth (Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>)

#### **2.2.5. PLC S7 1200**

El controlador lógico programable (PLC) S7-1200 ofrece la flexibilidad y capacidad de controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas tareas de automatización. Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones.<sup>17</sup> La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, así como circuitos de entrada y salida en una carcasa compacta, conformando así un potente PLC. Una vez cargado el programa en la CPU, ésta contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación. La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana,

<sup>16</sup> Bluetooth. URL: <http://es.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>. Referenciado el 27 de febrero del 2015.

<sup>17</sup> PLC S7 1200. SIMATIC S7-1200 Manual del producto.pdf. Referenciado el 27 de febrero de 2015.



instrucciones de conteo y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes.<sup>18</sup>

Varias funciones de seguridad protegen el acceso tanto a la CPU como al programa de control: toda CPU ofrece protección por contraseña que permite configurar el acceso a sus funciones, es posible utilizar la "protección de know-how" para ocultar el código de un bloque de programa específico [12].

La CPU incorpora un puerto PROFINET para la comunicación en una red PROFINET. Los módulos de comunicación están disponibles para la comunicación en redes RS485 o RS232. Los diferentes modelos de CPUs ofrecen una gran variedad de funciones y prestaciones que permiten crear soluciones efectivas destinadas a numerosas aplicaciones<sup>19</sup> (ver tabla de Anexo 3).

#### **2.2.5.1. Estructura básica del PLC S7 1200**

El PLC Simatic S7 1200 es modular configurable teniendo como estructura básica una fuente de alimentación de 24 V, módulo analógico de E/S (ver Figura 2.10)<sup>20</sup>.

La CPU soporta los siguientes tipos de bloques lógicos que permiten estructurar eficientemente el programa de usuario:

*Los bloques de organización (OBs):* definen la estructura del programa. Algunos OBs tienen reacciones y eventos de arranque predefinidos. No obstante, también es posible crear OBs con eventos de arranque personalizados.

*Las funciones (FCs) y los bloques de función (FBs):* contienen el código de programa correspondiente a tareas específicas o

---

<sup>18</sup> Simatic S7 1200. URL:

<https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores/s71200/Pages/S7-1200.aspx>. Referenciado el 27 de febrero del 2015.

<sup>19</sup> Simatic S7 1200. URL:

<https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores/s71200/Pages/S7-1200.aspx>. Referenciado el 27 de febrero del 2015.

<sup>20</sup> Estructura de PLC S7 1200. SIMATIC S7-1200 Manual del producto.pdf. Referenciado el 27 de febrero de 2015.

combinaciones de parámetros. Cada FC o FB provee parámetros de entrada y salida para compartir datos con el bloque invocante. Un FB utiliza también un bloque de datos asociado (denominado DB instancia) para conservar el estado de valores durante la ejecución que pueden utilizar otros bloques del programa.

*Los bloques de datos (DBs):* almacenan datos que pueden ser utilizados por los bloques del programa<sup>21</sup>.



**Figura 2.11.** Estructura básica de Simatic PLC S7 1200  
(Fuente: Manual S7 1200, 2014, pág. 4)

<sup>21</sup> Bloques lógicos. SIMATIC S7-1200 Manual del producto.pdf. Referenciado el 27 de febrero de 2015.

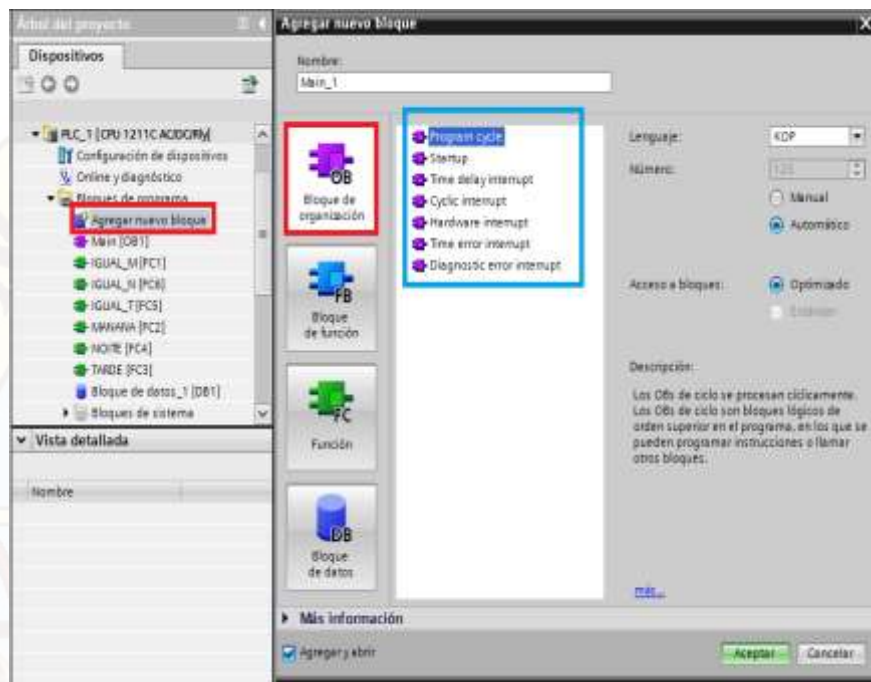


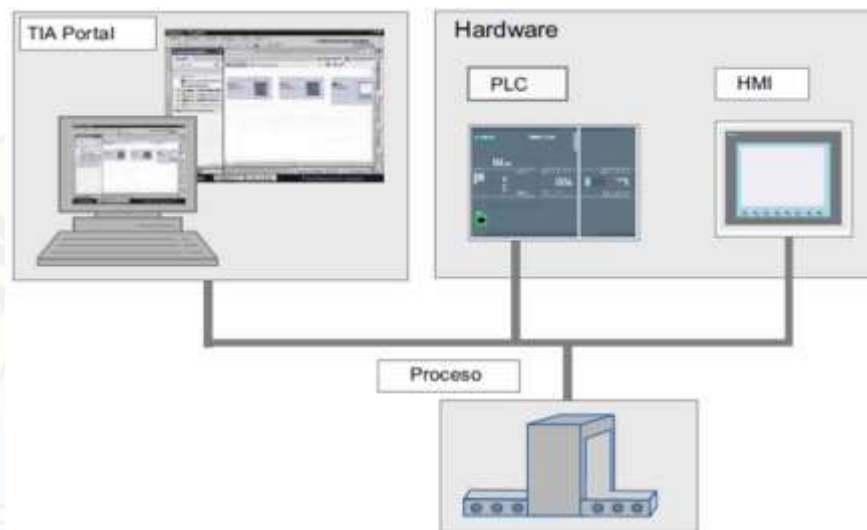
Figura 2.12. Bloques y funciones de programación de Simatic PLC S7 1200 (Fuente: Manual S7 1200, 2014, pág. 21)

### 2.2.6. TIA Portal V13

El Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) integra diferentes productos SIMATIC en una aplicación de software que le permitirá aumentar la productividad y la eficiencia del proceso. Dentro del TIA Portal, los productos TIA interactúan entre sí, ofreciéndole soporte en todas las áreas implicadas en la creación de una solución de automatización.<sup>22</sup> Una solución de automatización típica abarca lo siguiente:

- Un controlador que controla el proceso con la ayuda del programa.
- Un panel de operador con el que se maneja y visualiza el proceso (ver Figura 2.13).

<sup>22</sup> TIA portal V13. URL: <http://www.industry.siemens.com/topics/global/en/tia-portal/controller-sw-tia-portal/simatic-step7-basic-tia-portal/system-requirements/pages/default.aspx>. Referido el 27 de febrero de 2015.



**Figura 2.13.** Comunicación básica del TIA PORTAL

(Fuente: <https://es.slideshare.net/johnpir/manual-manejo-tia-portal-siemens>, pág. 09)

El TIA Portal ayuda a crear una solución de automatización. Los principales pasos de configuración son:

- Creación del proyecto
- Configuración del hardware
- Conexión en red de los dispositivos
- Programación del controlador
- Configuración de la visualización
- Carga de los datos de configuración
- Uso de las funciones Online y diagnóstico

#### **2.2.6.1. Ventajas del TIA Portal**

El TIA Portal ofrece las siguientes ventajas: gestión conjunta de los datos, manejo unitario de los programas, los datos de configuración y los datos de visualización; fácil edición mediante Drag & Drop; comodidad de carga de los datos en



los dispositivos; configuración y diagnóstico asistidos por gráficos.<sup>23</sup>

#### 2.2.6.2. Sistema de ingeniería

Con el TIA Portal se configura tanto el control como la visualización en un sistema de ingeniería unitario. Todos los datos se guardan en un proyecto, los componentes de programación (STEP 7) y visualización (WinCC) no son programas independientes, sino editores de un sistema que accede a una base de datos común. Todos los datos se guardan en un archivo de proyecto común. Para todas las tareas se utiliza una interfaz de usuario común desde la que se accede en todo momento a todas las funciones de programación y visualización (ver Figura 2.14).<sup>24</sup>

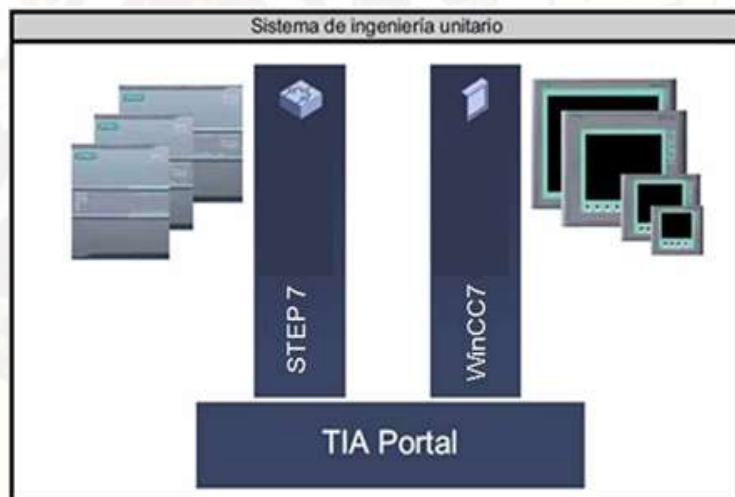


Figura 2.14. Estructura del TIA Portal (Fuente: <https://es.slideshare.net/johnpir/manual-manejo-tia-portal-siemens>, pág. 10)

<sup>23</sup> TIA Portal. Siemens AG, 2014 págs. 9-10. Referenciado el 02 de marzo de 2015.

<sup>24</sup> TIA Portal. Siemens AG, 2014 págs. 9-10. Referenciado el 02 de marzo de 2015.

### **2.2.7. Interface Hombre Máquina (HMI)**

La sigla HMI es la abreviación en ingles de Interfaz Hombre Maquina. Los sistemas HMI podemos pensarlos como una “ventana” de un proceso. Esta ventana puede estar en dispositivos especiales como paneles de operador o en una computadora. Los sistemas HMI en computadoras se los conoce también como software HMI (en adelante HMI) o de monitoreo y control de supervisión.<sup>25</sup>

Las señales de procesos son conducidas al HMI por medio de dispositivos como tarjetas de entrada/salida en la computadora, PLC's (Controladores lógicos programables), RTU (Unidades remotas de I/O) o DRIVE's (Variadores de velocidad de motores). Todos estos dispositivos deben tener una comunicación que entienda el HMI.

#### **2.2.7.1. Tipos de HMI**

La visualización se está convirtiendo cada vez más en un componente estándar de la mayoría de las máquinas, los SIMATIC HMI Basic Panels ofrecen dispositivos con pantalla táctil para tareas básicas de control y supervisión. Todos los paneles ofrecen el grado de protección IP65 y certificación CE, UL, cULus y NEMA 4x.

Desarrollos a medida: los HMI se desarrollan en un entorno de programación gráfica como VC++, Visual Basic, Delphi, etc.

Paquetes integrados HMI: son paquetes de software que contemplan la mayoría de las funciones estándares de los sistemas SCADA.<sup>26</sup>

---

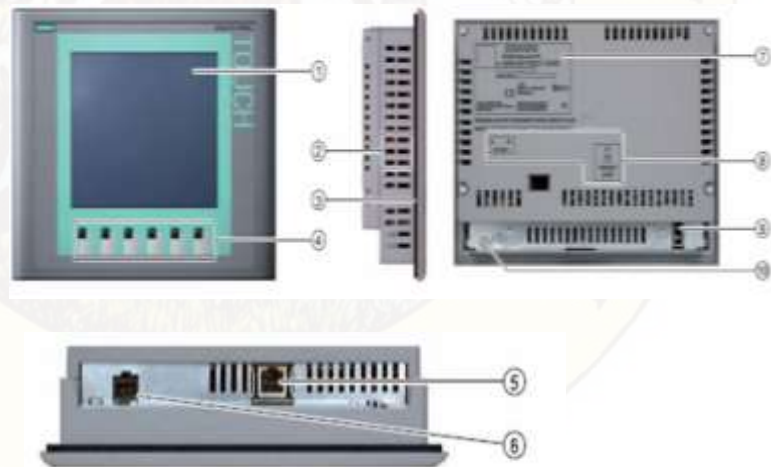
<sup>25</sup> HMI. URL: <http://es.wikipedia.org/wiki/HMI>. Referenciado el 27 de febrero del 2015.

<sup>26</sup> Tipos de HMI. URL: <http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI%5CIntroduccion%20HMI.pdf>. Referenciado el 27 de febrero de 2015.



**Figura 2.15.** Panel de interface HMI (Fuente: <https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores/s71200/Pages/S7-1200.aspx>)

Las pantallas HMI de Siemens presentan las partes que se indican en la Figura 2.16.



**Figura 2.16.** Panel basic KTP600 PN basic (Fuente: <https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores/s71200/Pages/S7-1200.aspx>)

De la Figura 2.16 tenemos:

1. Display/Pantalla táctil
2. Escotaduras para las mordazas de fijación
3. Junta de montaje
4. Teclas de función
5. Interfaz PROFINET
6. Conexión para la fuente de alimentación
7. Placa de características
8. Nombre del puerto
9. Guía para las tiras rotulables
10. Conexión para tierra funciona

#### **2.2.7.2. Funciones de un software HMI**

*Monitoreo:* es la habilidad de obtener y mostrar datos de la planta en tiempo real. Estos datos se pueden mostrar como números, texto o gráficos que permitan una lectura más fácil de interpretar.

*Supervisión:* esta función permite junto con el monitoreo la posibilidad de ajustar las condiciones de trabajo del proceso directamente desde la computadora.<sup>27</sup>

*Alarmas:* es la capacidad de reconocer eventos excepcionales dentro del proceso y reportarlo estos eventos basadas en límites de control pre- establecidos.

*Control:* es la capacidad de aplicar algoritmos que ajustan los valores del proceso y así mantener estos valores dentro de ciertos límites. Control va más allá del control de supervisión removiendo la necesidad de la interacción humana. Sin embargo la aplicación de esta función desde un software corriendo en una

---

<sup>27</sup> Funciones de un software HMI. URL:  
<http://iaci.unq.edu.ar/materias/laboratorio2/HMI%5CIntroduccion%20HMI.pdf>. Referenciado el 27 de febrero de 2015.



PC puede quedar limitada por la confiabilidad que quiera obtenerse del sistema.

*Históricos:* es la capacidad de mostrar y almacenar en archivos, datos del proceso a una determinada frecuencia. Este almacenamiento de datos es una poderosa herramienta para la optimización y corrección de procesos.

## **2.2.8. Comunicación del PLC y la pantalla táctil HMI KTP600 PN**

### **2.2.8.1. PROFINET**




PROFINET es empleado para el intercambio de datos a través del programa de usuario con otros interlocutores vía Ethernet:

Para PROFINET y PROFIBUS, la CPU del S7 -1200 soporta un total de 16 dispositivos y 256 sub-módulos, con un máximo de 8 dispositivos PROFINET IO y 128 sub-módulos, sea cual sea el que se alcance primero. Como controlador I/O que utiliza PROFINET RT, el S7-1200 se comunica con hasta 8 dispositivos PN en la red PN local o a través de un acoplador PN/PN. Además, soporta un acoplador PN/DP para la conexión con una red PROFIBUS. Las conexiones pueden ser local/interlocutor. Los interlocutores ejecutan las instrucciones necesarias para configurar y establecer la conexión. El punto final activo y el punto final pasivo de la comunicación se especifican mediante parámetros. Una vez configurada y establecida la conexión, la CPU la mantiene y la vigila automáticamente. Si la conexión se deshace (por ejemplo debido a una interrupción de la línea o desde el interlocutor remoto), el interlocutor activo intenta restablecer la conexión configurada. No es

necesario volver a ejecutar la instrucción.<sup>28</sup>

La CPU se puede comunicar con otras CPUs, con programadoras, con dispositivos HMI y con dispositivos no Siemens que utilicen protocolos de comunicación TCP estándar (ver Tabla 2.3).

**Tabla 2.2.** Conexiones Ethernet con la CPU S7-1200

	Programadora conectada a la CPU
	HMI conectado a la CPU
	Una CPU conectada a otra CPU

Fuente: SIMATIC S7-1200 Manual del producto.pdf

El puerto PROFINET de la CPU no contiene un dispositivo de conmutación Ethernet. Una conexión directa entre una programadora o HMI y una CPU no requiere un conmutador Ethernet. Sin embargo, una red con más de dos CPUs o dispositivos HMI sí requiere un conmutador Ethernet.<sup>29</sup>

<sup>28</sup> Comunicación PROFINET. SIMATIC S7-1200 Manual del producto.pdf. Referenciado el 02 de marzo de 2015.

<sup>29</sup> Comunicación PROFINET. SIMATIC S7-1200 Manual del producto.pdf. Referenciado el 02 de marzo de 2015.

## 2.3. Hipótesis

### 2.3.1. Hipótesis general

- El sistema de control por comandos de voz e interface HMI, automatiza el proceso de activación y desactivación de las luminarias del paraninfo de la Facultad de Ingeniería Electrónica - Sistemas de la Universidad Nacional de Huancavelica.

### 2.3.2. Hipótesis específicas

- El módulo de reconocimiento de voz, basado en Android y App Inventor 2 e integrado al PLC S7 1200, activa y desactiva las luminarias del paraninfo por comandos.
- La HMI teniendo como componentes principales el Touch Screen KTP 600, PLC S7 1200 con comunicación PROFINET, monitorea el estado de las luminarias del paraninfo.

## 2.4. Definición de términos

- **Activado por voz:** acción de activar por instrucciones o comandos de voz los dispositivos conectados a un controlador por medio de un actuador.
- **Android:** es un sistema operativo basado en el núcleo Linux. Fue diseñado principalmente para dispositivos móviles y soportan aplicaciones de reconocimiento de voz.<sup>30</sup>
- **App Inventor:** es una plataforma de Google Labs para crear aplicaciones de software para el sistema operativo Android. De forma visual y a partir de un conjunto de herramientas básicas, el usuario puede ir enlazando una serie de bloques para crear la aplicación.<sup>31</sup>
- **Automatizar:** Aplicación de dispositivos, máquinas o de procedimientos automáticos en la realización de un proceso.

---

<sup>30</sup> Android. URL: <http://es.wikipedia.org/wiki/Android>. Referenciado el 02 de marzo de 2015.

<sup>31</sup> App Inventor. URL: [http://es.wikipedia.org/wiki/App\\_Inventor](http://es.wikipedia.org/wiki/App_Inventor). Referenciado el 02 de marzo de 2015.



- **Bombilla o lámpara:** Término genérico para denominar una fuente de luz fabricada por el hombre. Por extensión, el término también es usado para denotar fuentes que emiten radiación en regiones del espectro adyacente a la zona visible.
- **Bluetooth:** es una especificación industrial para Redes Inalámbricas de Área Personal (WPAN) que posibilita la transmisión de voz y datos entre diferentes dispositivos mediante un enlace por radiofrecuencia en la banda ISM de los 2,4 GHz.<sup>32</sup>
- **Eficiencia:** la eficiencia es la capacidad de disponer de controladores de diferentes variables para conseguir un efecto determinado<sup>33</sup>.
- **Flujo luminoso ( $\Phi$ ):** Cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en todas las direcciones por unidad de tiempo. Su unidad es el Lumen (lm).
- **HMI:** interacción entre humanos y máquinas; aplicable a sistemas de automatización de procesos.<sup>34</sup>
- **Iluminación:** la iluminación es la acción o efecto de iluminar. En la técnica se refiere al conjunto de dispositivos que se instalan para producir ciertos efectos luminosos, tanto prácticos como decorativos. Con la iluminación se pretende, en primer lugar, conseguir un nivel de iluminación - interior, adecuado al uso que se quiere dar al espacio iluminado del paraninfo, nivel que dependerá de la tarea que los usuarios hayan de realizar.<sup>35</sup>
- **Iluminancia (E):** Densidad del flujo luminoso que incide sobre una superficie. La unidad de iluminancia es el Lux<sup>36</sup>.
- **Luminaria:** aparato de iluminación que distribuye, filtra o transforma la luz emitida por una o más bombillas o fuentes luminosas y que incluye todas las partes necesarias para soporte, fijación y protección de las bombillas, pero no

<sup>32</sup> Bluetooth. URL: <http://es.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>. Referenciado el 02 de marzo de 2015.

<sup>33</sup> Diccionario de la lengua española (vigésima segunda edición). Real Academia Española. España; 2012.

<sup>34</sup> HMI. URL: <http://es.wikipedia.org/wiki/HMI>. Referenciado el 02 de marzo de 2015.

<sup>35</sup> Iluminación. URL: [http://es.wikipedia.org/wiki/Iluminaci%C3%B3n\\_f%C3%ADsica](http://es.wikipedia.org/wiki/Iluminaci%C3%B3n_f%C3%ADsica). Referenciado el 02 de marzo de 2015.

<sup>36</sup> Magnitudes y unidades de medida. <http://recursos.citcea.upc.edu/llum/fotometria/magnitud.html>. Referenciado el 02 de marzo de 2015.



las bombillas mismas y, donde sea necesario, los circuitos auxiliares con los medios para conectarlos a la fuente de alimentación.

- **Operación:** proceso a ejecutar como parte de las instrucciones para que sea concretada una acción.
- **Parainfo:** es el salón de actos de una universidad donde tienen lugar acontecimientos importantes, como las ceremonias de investidura de cargos académicos u otros como la apertura del curso, conferencias, lecciones magistrales, etc. Su nombre deriva de la persona que anunciaba el inicio del curso académico y que recibía el mismo apelativo.<sup>37</sup>
- **Sistema de control:** conjunto de dispositivos encargados de administrar, ordenar, dirigir o regular el comportamiento de otro sistema, con el fin de reducir las probabilidades de fallo y obtener los resultados deseados.<sup>38</sup>

## 2.5. Identificación de variables

### 2.5.1. Variable independiente

Control con comandos de voz e interface HMI = CCVHMI

Esta variable es del tipo discreto.

### 2.5.2. Variable dependiente

Activación desactivación de luminarias = ADL

Esta variable es del tipo discreto.

## 2.6. Definición operativa de variables e indicadores

**Tabla 2.3.** Definición operativa de variables e indicadores.

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumento
-----------	-----------------------	-------------	-------------	-------------

<sup>37</sup> Parainfo. <http://es.wikipedia.org/wiki/Parainfo>. Referenciado el 02 de marzo de 2015.

<sup>38</sup> Sistemas de control. URL: [http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_control](http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_control). Referenciado el 02 de marzo de 2015.

<b>Independiente:</b> Control por comandos de voz y HMI (CCVHMI)	Variable discreta multidimensional, que interviene en la activación, desactivación de luminarias por comandos de voz e indica por medio de HMI el estado de las luminarias.	Reconocimiento de comandos de voz.	Activación - desactivación de luminarias (Luminaria On, Luminaria Off).	Observación
		Monitoreo por HMI.	Visualización de luminaria encendida – apagada (Amarillo – Transparente)	Touch Screen KTP 600
<b>Dependiente:</b> Activación desactivación de luminarias (ADL)	Variable unidimensional y discreta.		Luminaria encendida. Luminaria apagada	Monitor

En la Tabla 2.4 la variable iluminación del paraninfo es una función dependiente del sistema de control de luminarias, por lo que queda definido operativamente como:

$$ADL = f(CC\text{VHMI})$$

(Ec 2.1)

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1.    Ámbito de estudio**

La investigación se centra en la automatización del proceso de encendido, apagado y visualización del estado de las luminarias del paraninfo de la FIES que se encuentra localizado en la región Huancavelica, provincia de Tayacaja, distrito de Pampas, Jr. La Mar N° 601, en la ciudad universitaria de la Facultad de Ingeniería Electrónica – Sistemas (ver Anexo 4). Para efectos de la investigación se recreó a nivel de prototipo la distribución y ubicación de las luminarias y reflectores del paraninfo de la FIES.

#### **3.2.    Tipo de investigación**

La investigación que se desarrolló es del tipo Tecnológico, donde se empleó un sistema de control con comandos basado en sistemas de reconocimiento de voz desarrollado en el sistema operativo Android y el monitoreo con tecnología HMI, los mismos que convergieron para la implementación del sistema de control de luminarias del paraninfo de la FIES.

#### **3.3.    Nivel de investigación**

El nivel a la que corresponde esta investigación es aplicativo, por tratarse de una investigación del tipo tecnológico, donde, empleado comandos de voz y monitoreo por HMI se automatizó la iluminación en el paraninfo de la Facultad de Ingeniería Electrónica – Sistemas.

#### **3.4.    Método de investigación**

En esta investigación se empleó el método científico y como método particular el experimental que utilizó como procesos lógicos la inducción y la deducción, que

permitieron evidenciar la automatización efectiva del proceso de activación y desactivación de las luminarias del paraninfo de la Facultad de Ingeniería Electrónica - Sistemas.

### 3.5. Diseño de investigación

En esta investigación se empleó el diseño experimental causa - efecto de series de tiempo, y se trabajó con un solo grupo experimental, con mediciones periódicas antes y después sobre la variable dependiente. El diseño de investigación está representado en el siguiente esquema:

**M:      O1      O2      X      O3      O4**

**Donde:**

M: muestra

O1 = Observación de activación de luminarias pre-test.

O2 = Observación de monitoreo de luminarias pre test.

Y = Sistema de control por comandos de voz e interface HMI.

O3 = Observación de activación de luminarias por comando de voz post-test.

O4 = Observación de monitoreo de luminarias por HMI post test.

Con respecto al montaje, para la activación/desactivación de las luminarias por comandos de voz, se empleó un sistema de reconocimiento por voz desarrollado en App 2 para Android con comunicación Bluetooth que se integra al PLC S7 1200; la interface hombre máquina (HMI) para monitoreo de las luminarias, se desarrolló para una pantalla táctil HMI KTP600 PN que se comunica con el PLC S7 1200 por medio de PROFINET. El PLC S7 1200 interactúa con los interruptores activando/desactivando las luminarias de las 9 filas, distribuidos en IX cuadrantes (ver anexo 5), por otro lado el PLC S7 1200 tiene implementado un algoritmo que informa a la pantalla táctil el estado de las luminarias distribuidas en el paraninfo. Todos los componentes del sistema de control de iluminación fueron ensamblados sobre un tablero de control de iluminación.



### 3.6. Población, muestra y muestreo

#### 3.6.1. Población

El trabajo de investigación se desarrolló tomando en cuenta la distribución de luminarias en el paraninfo de la Facultad de Ingeniería Electrónica – Sistemas de la UNH, para automatizar la iluminación en el interior del mismo, para la demostración de las hipótesis se consideró una población infinita (para efectos de cálculo 1'000,000) de órdenes de comandos de voz para activación - desactivación de luminarias y la visualización de los mismos por HMI.

#### 3.6.2. Muestra

Por tratarse de una población prácticamente infinita se empleó la Ec. 3.1 y 3.2, para calcular la muestra de indicadores de activación/desactivación de las luminarias por comandos de voz y con monitoreo por HMI.

$$n_o = \frac{Z^2 p.q}{e^2} \quad (\text{Ec. 3.1})$$

Donde:

$n_o$  : número de muestras iniciales

$Z$  : constante dependiente del nivel de confianza ( $Z=1.96$ , para nivel de confianza del 95 % , ver Tabla 3.1).

$p, q$  : desviación estándar de la población (generalmente  $p=q=0.50$ ).

$e$  : límite aceptable de error muestral (0.05).

Con la Ec. 3.1, calculamos  $n_o$ :

$$n_o \cong 384.16 \text{ muestras iniciales.}$$

**Tabla 3.1.** Tabla de niveles de confianza para  $Z$

Nivel de confianza	99.73%	99%	98%	96%	95.45%	95%	90%	80%	68.27%	50%
$Z$	3.00	2.58	2.33	2.05	2.00	1.96	1.645	1.28	1.00	0.6745

$$n = \frac{n_0}{1 + \frac{n_0}{N}} \quad (\text{Ec. 3.2})$$

Donde:

$n$  : número de muestras de estudio

$N$  : población total (infinito)

Con la Ec. 3.2 se calcula el número de muestras empleadas en el estudio:

$n \cong 384$  muestras de estudio.

Por lo que se tomarán 384 muestras para el indicador activación/desactivación de luminarias por comandos de voz y monitoreo por HMI.

### 3.6.3. Muestreo

Teniendo una población infinita de órdenes para activación - desactivación de las luminarias y la visualización de los mismos por HMI (unidad de análisis), con elementos homogéneos con la misma oportunidad de ser seleccionados en la investigación para integrar la muestra de estudio, el muestreo fue aleatorio simple, que permitió obtener las 384 muestras para el indicador activación/desactivación de luminarias por comandos de voz y monitoreo por HMI.

## 3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se empleó la técnica de la observación y toma de datos directos de activación y desactivación de las luminarias del parainfo por comandos de voz y con monitoreo por HMI.

El instrumento de recolección de datos permitió registrar la activación y desactivación de luminarias por comando de voz y su respectiva visualización, también permitió registrar la iluminancia, el instrumento se presenta en la Tabla 3.2.



**Tabla 3.2.** Instrumento de recolección de datos

Nº muestra	Activación de luminarias por comando de voz	Desactivación de luminarias por comando de voz	Monitoreo de activación de luminarias por HMI	Monitoreo de desactivación de luminarias por HMI
01				
02				
03				
04				
05				
06				
07				
08				
.				
.				
.				
384				

**3.8. Procedimiento de recolección de datos**

Los datos se recogieron a propósito de la investigación por cada indicador 384 muestras, se tomaron cada 8 minutos en 05 días, considerando tomas de datos durante 10 horas por cada día y se almacenarán en el instrumento de recolección de datos de la Tabla 3.2.

**3.9. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

Para procesar los datos del trabajo de investigación se aplicará la técnica de procesamiento apareado y se realizará el análisis estadístico de significancia de la mejora usando la prueba t de Student por tratarse de 384 muestras para un nivel de confianza de 95 % (ver Tabla 3.1). Para la prueba de hipótesis se formuló las hipótesis de trabajo (hipótesis alternas y nulas). Se sometieron a prueba las hipótesis nulas, estas se rechazaron y se aceptaron las hipótesis alternas.



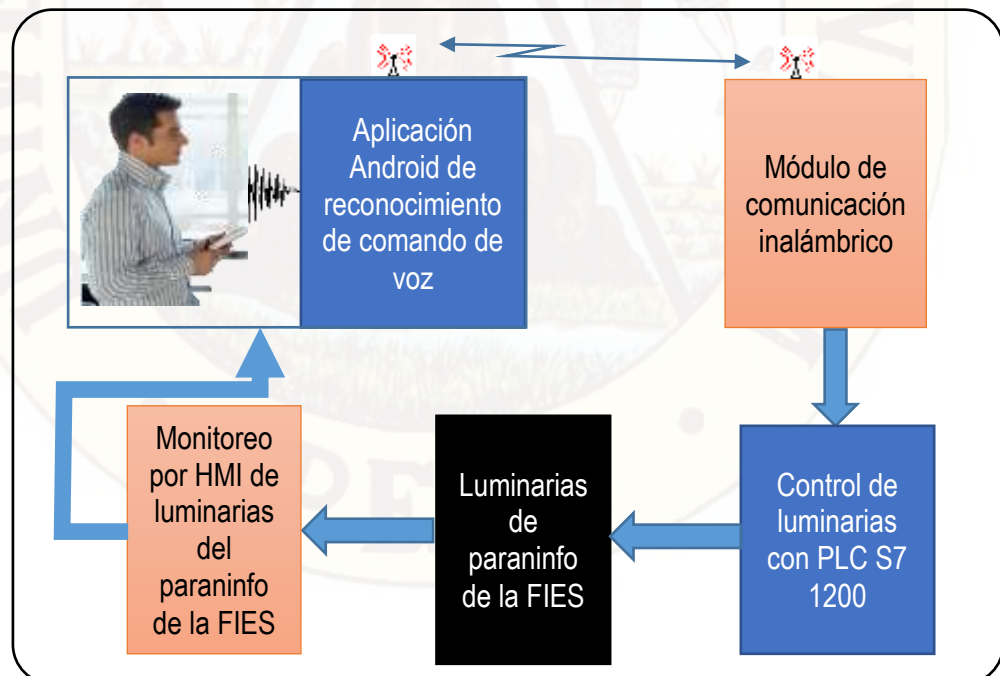
## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS

#### 4.1. Control de luminarias activado por voz y con monitoreo por HMI

El propósito de la investigación fue obtener un prototipo del sistema de control de luminarias de la FIES activado por comandos de voz y con monitoreo por HMI.

El sistema diseñado e implementado activa/desactiva las luminarias por comandos de voz, desde una aplicación desarrollada en la plataforma de Android, que es capaz de reconocer los comandos de voz y enviar el seudónimo del comando (código equivalente a comando) al módulo de comunicación inalámbrico integrado al PLC S7 1200 por medio de comunicación inalámbrica por Bluetooth (ver Figura 4.1).



**Figura 4.1.** Diagrama de bloques del sistema de control de luminarias activado por voz y con monitoreo por HMI.

#### 4.1.1. Diseño e implementación de la aplicación Android para control por comandos de voz de luminarias del paraninfo

La interface de control por comandos de voz de las luminarias del paraninfo de la FIES se desarrolló en la plataforma de aplicaciones de Android, empleando el software libre app Inventor 2 desarrollado por el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT).

Para el desarrollo de la aplicación se definieron comandos de voz que se detalla en la Tabla 4.1 y Tabla 4.2.

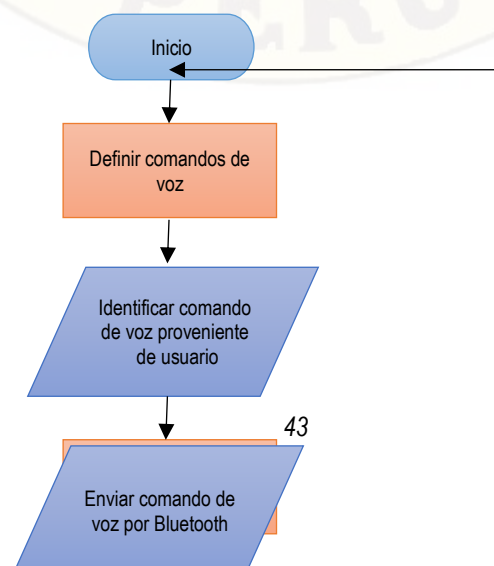
**Tabla 4.1.** Comandos de voz y su codificación para control de activación/desactivación de luminarias de la FIES

Nº	Comando de voz	Seudónimo
01	prender atrio	"1"
02	apagar atrio	"2"
03	prender reflector	"3"
04	apagar reflector	"4"
05	prender fila 1	"5"
06	apagar fila 1	"6"
07	prender fila 2	"7"
08	apagar fila 2	"8"
09	prender fila 3	"9"
10	apagar fila 3	"A"
11	prender fila 4	"B"
12	apagar fila 4	"C"
13	prender fila 5	"D"
14	apagar fila 5	"E"
15	prender fila 6	"F"
16	apagar fila 6	"G"
17	prender fila 7	"H"
18	apagar fila 7	"I"




**Tabla 4.2.** Continuación, comandos de voz y su codificación para control de activación/desactivación de luminarias de la FIES

19	prender fila 8	"J"
20	apagar fila 8	"K"
21	prender fila 9	"L"
22	apagar fila 9	"M"
23	prender adelante	"N"
24	apagar adelante	"O"
25	prender atrás	"P"
26	apagar atrás	"Q"
27	prender todo	"R"
28	apagar todo	"S"
29	prender decorativa	"T"
30	apagar decorativa	"U"

Los comandos de voz son generados por el usuario, y luego son identificados por el sistema de reconocimiento de voz integrado a Google Apps con librería Java Open Blocks del MIT y proporcionando acceso, en los dispositivos Android, una vez identificado el comando de voz se le asigna el seudónimo equivalente y es transmitido por RF vía Bluetooth a una velocidad de 9600 bps. En la Figura 4.2, se detalla el algoritmo de desarrollo de la aplicación para Android de reconocimiento de comando de voz.



**Figura 4.2.** Diagrama de flujo del algoritmo de identificación de comandos de voz para control de luminarias de paraninfo y envío por Bluetooth

El algoritmo de control por comandos de voz para control de luminarias de paraninfo y comunicación inalámbrica se implementó para la plataforma de celulares Android. La interface de pantalla principal presenta tres opciones: a)  búsqueda de dispositivo Bluetooth, b)  conexión con dispositivo Bluetooth y c)  salida de pantalla principal de aplicación Android. La interface de pantalla principal se presenta en la Figura 4.3, empleando como componentes la comunicación Bluetooth, el reconocimiento de voz, herramienta de notificación, conversor de texto a voz, reproductor de sonido y generador de base de datos "TinyDB1", en la base de datos se almacena el dispositivo Bluetooth con conexión exitosa. En las figuras 4.4, 4.5 y 4.6 se desarrolla el bloque de configuración de comunicación Bluetooth y cierre de aplicación para la pantalla de interface principal.



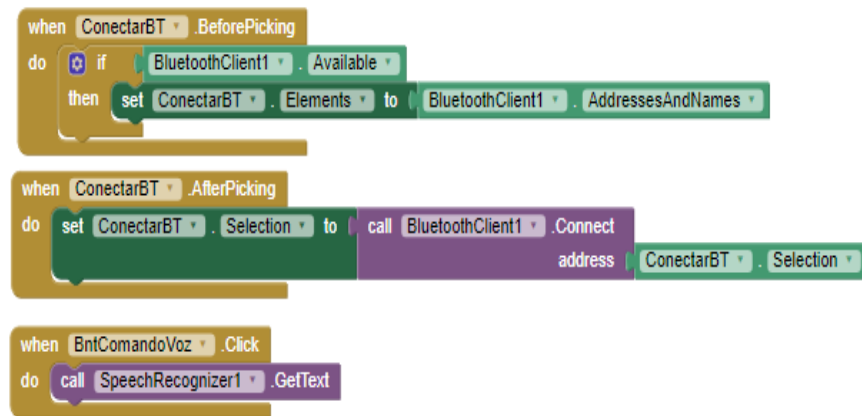


**Figura 4.3.** Interface de la pantalla principal de la aplicación Android de reconocimiento de comando de voz.

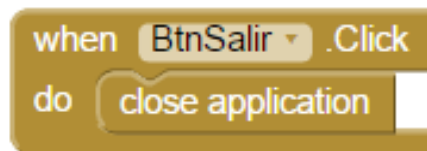
initialize global dispositivo to 0



**Figura 4.4.** Bloque de búsqueda de dispositivo y almacenamiento en base de datos TinyDB1.



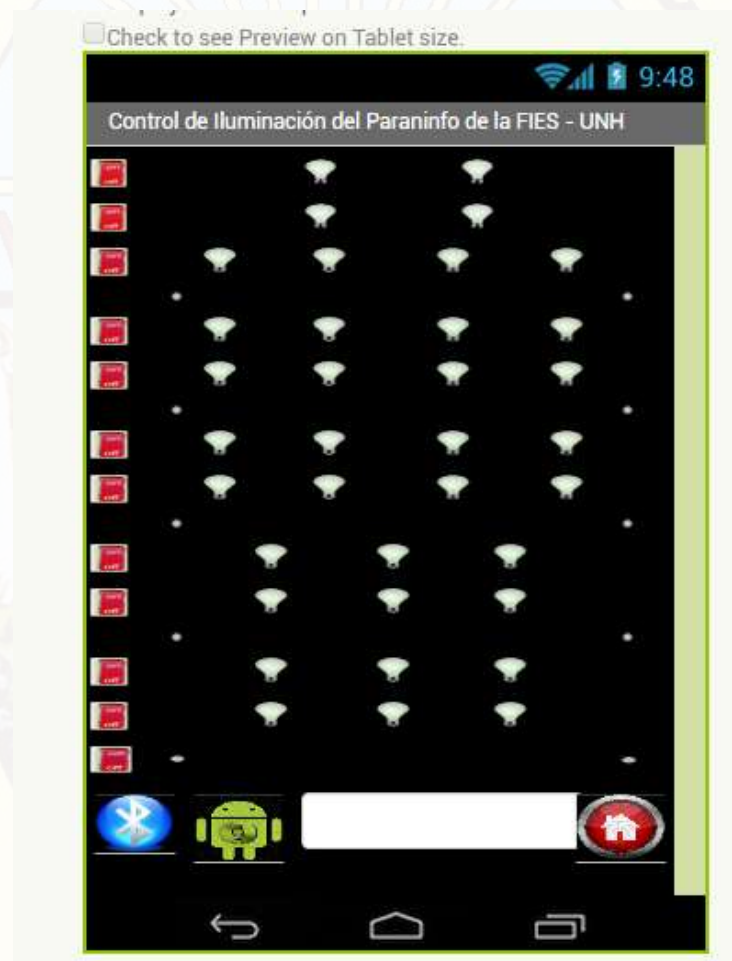
**Figura 4.5.** Bloque de conexión con Bluetooth cliente integrado al PLC S7 1200.



**Figura 4.6.** Bloque de salida de aplicación.

Una vez conectado al dispositivo de comunicación inalámbrica por Bluetooth, se ingresa a la pantalla de interface: “control de iluminación de paraninfo de la FIES-UNH” (ver Figura 4.7), donde se tiene la distribución de las luminarias del interior del paraninfo de la FIES, los que serán

activados por comandos de voz. En esta interface se emplea como componentes el módulo de reconocimiento de voz, notificador, reproductor de sonido, conversor de texto a sonido y cliente Bluetooth, los mismos que hacen posible el reconocimiento de los comandos de voz, la reproducción y el envío de seudónimos de los comandos por Bluetooth para el control de luminarias del paraninfo de la FIES.

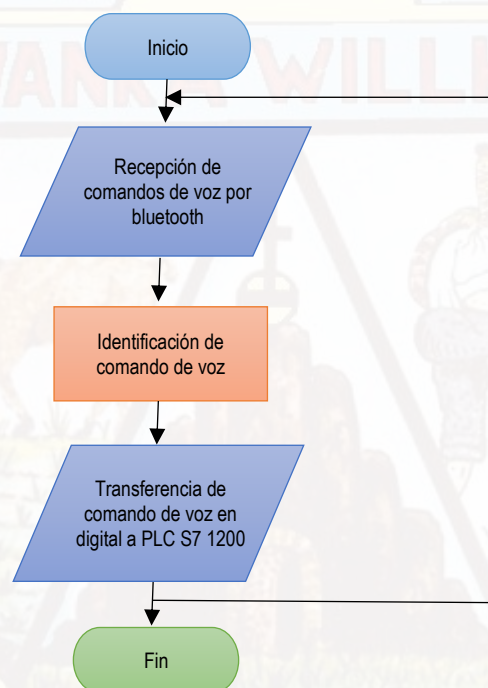


**Figura 4.7.** Interface de la pantalla de control de luminarias del paraninfo desarrollado como aplicación para Android.

La programación en bloques de las figuras del anexo 5 permite generar los comandos de acuerdo a los seudónimos establecidos en la Tabla 4.1.

#### 4.1.2. Diseño e implementación del módulo de comunicación inalámbrico

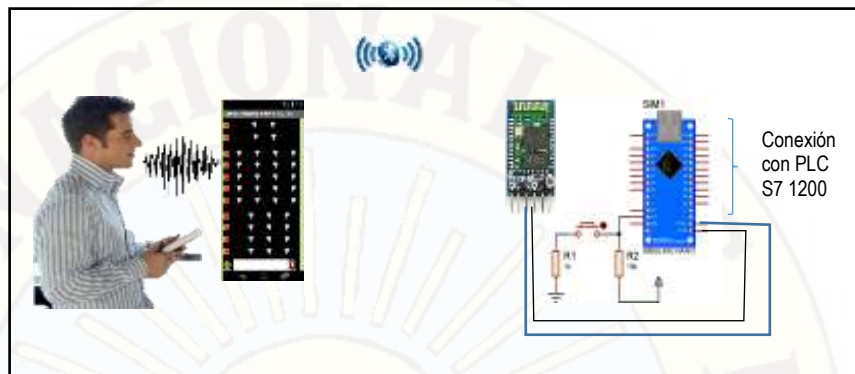
Las recepciones de los comandos de voz deben ser identificados por un algoritmo desarrollado para el microcontrolador Atmega y transferidos en formato digital a las entradas del PLC S7 1200, para que este último efective el control del proceso de encendido y apagado de las luminarias de la FIES. El diagrama de flujo del módulo de comunicación inalámbrico por Bluetooth se presenta en la Figura 4.8.



**Figura 4.8.** Diagrama de flujo del módulo de comunicación por Bluetooth HC 05 para control de luminarias.

La comunicación de comandos de voz generados por la aplicación para Android son enviados por Bluetooth para ser recibidos por el módulo de comunicación inalámbrico desarrollado en Nano Arduino con procesador Atmega 328 y con módulo Bluetooth HC 05, integrado al PLC S7 1200.





**Figura 4.9.** Diagrama del módulo de comunicación por Bluetooth HC 05 para control de luminarias.

En la plataforma de desarrollo de Arduino se codificó el algoritmo de comunicación entre el microcontrolador Atmega y HC 05. Los comandos de control de luminarias recibidos por comunicación inalámbrico Bluetooth, son identificados y transferidos a las entradas del PLC S7 1200.

La codificación del receptor de comandos de control por voz se presenta en la Figura 4.10, y la codificación completa se muestra en el Anexo 8.

```

Comando Arduino 1.6.6
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

Comando §
/* *****
CONTROL DE LUMINARIAS ACTIVADO POR VOZ Y CON MONITOREO POR HMI, PARA AUTOMATIZAR LA
ILUMINACIÓN EN EL PARANINFO DE LA FIES-UNH
***** */

// Declaración de pines para control iluminación
int Atrio= 2; // Pin2 conexión iluminación atrio
int Reflector= 3; // Pin2 conexión iluminación reflector
int Fila1= 4; // Pin2 conexión iluminación fila1
int Fila2= 5; // Pin2 conexión iluminación fila2
int Fila3= 6; // Pin2 conexión iluminación fila3
int Fila4= 7; // Pin2 conexión iluminación fila4
int Fila5= 8; // Pin2 conexión iluminación fila5
int Fila6= 9; // Pin2 conexión iluminación fila6
int Fila7= 10; // Pin2 conexión iluminación fila7
int Fila8= 11; // Pin2 conexión iluminación fila8
int Fila9= 12; // Pin2 conexión iluminación fila9
int LuzNoche= 13; // Pin2 conexión iluminación fila10

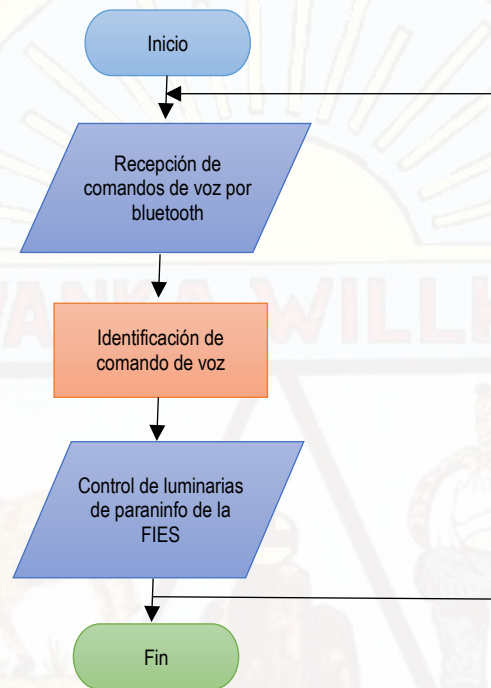
int Prender = HIGH;
int Apagar = LOW;
int comando;

void PrenderBloque1()
{
  digitalWrite(Fila1, Prender);
}

```

**Figura 4.10.** Codificación del receptor de comandos de control por voz

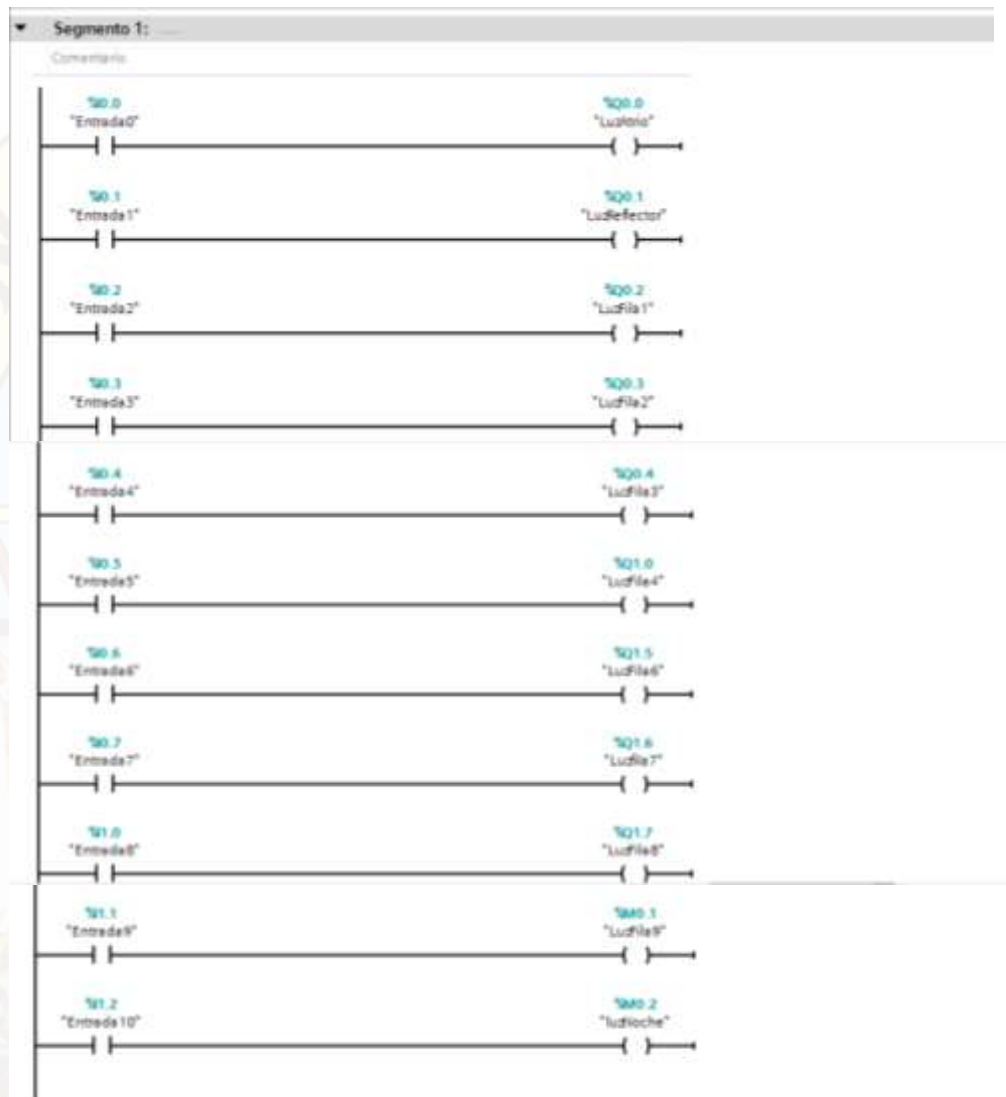
#### 4.1.3. Diseño e implementación del control de luminarias del paraninfo con PLC S7 1200



**Figura 4.11.** Diagrama de flujo de la comunicación por Bluetooth HC 05 para control de luminarias.

Con Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) de Siemens, se implementa el control de luminarias en lenguaje de programación para PLCs ladder (LD). Ver Figura 4.12.

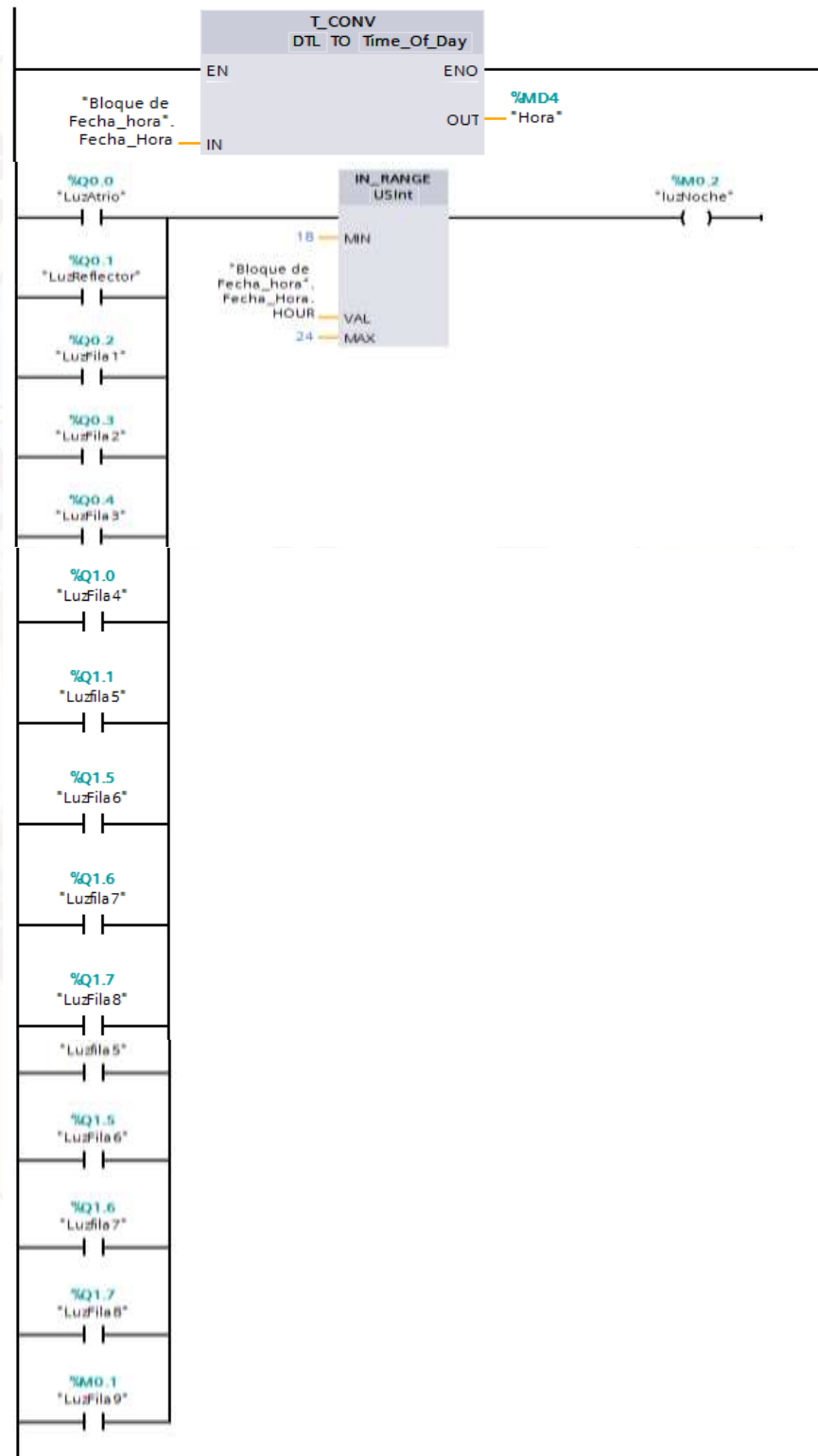
Las luces decorativas deberán ser encendidas solo en horas preestablecidas por el usuario, ver Figura 4.13.



**Figura 4.12.** Diagrama de control de luminarias implementado en ladder (LD).

## Segmento 2: ----

Comentario

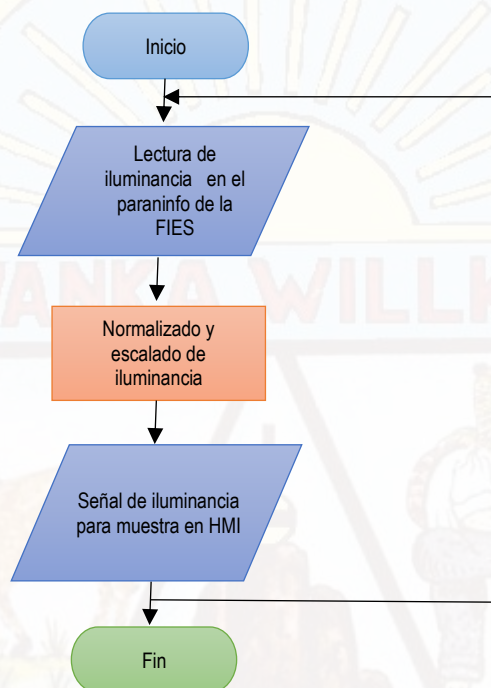


**Figura 4.13.** Diagrama de control de encendido de luces decorativas nocturnas.



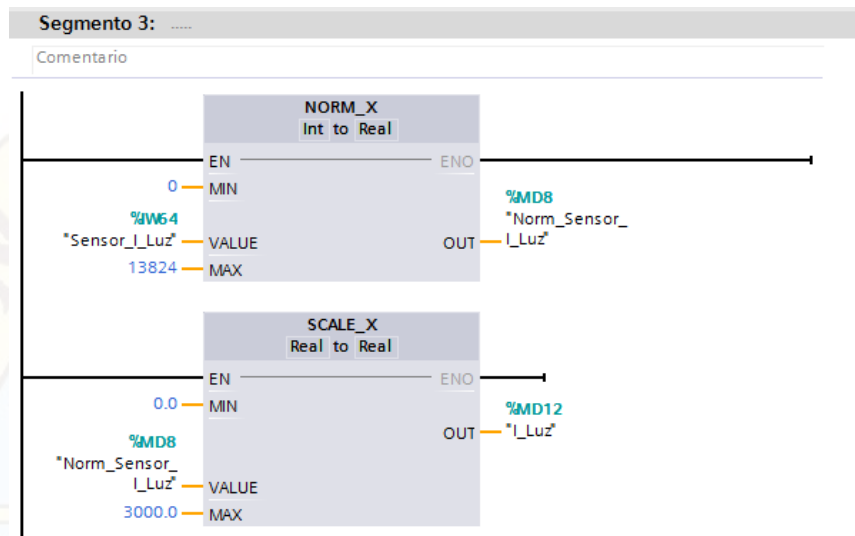
#### 4.1.4. Adquisición de datos de iluminancia en el paraninfo de la FIES con PLC S7 1200

La señal de iluminancia es tomada desde un sensor de iluminación que proporciona una señal de voltaje analógica en el rango de 0 V a 5 V.



**Figura 4.14.** Diagrama del módulo de comunicación por Bluetooth HC 05 para control de luminarias.

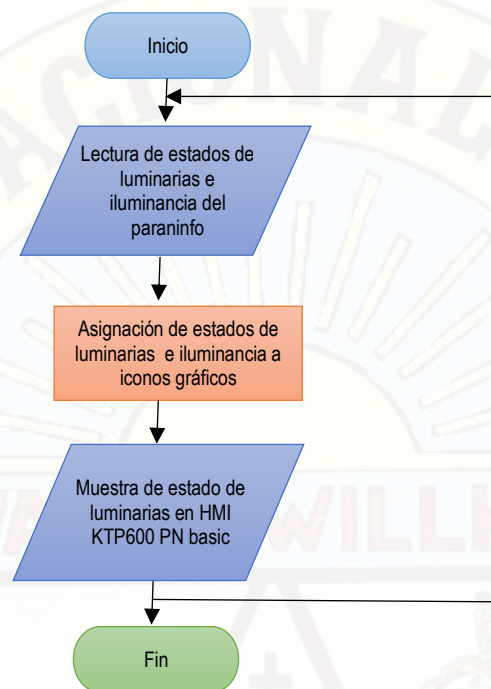
La señal analógica de iluminancia es tomada por el PLC S7 1200 a través de la entrada AI 0, identificada con %IW64, esta señal es normalizada y luego escalada en el rango real equivalente de 0 lux a 3,000 lux. La programación correspondiente se presenta en la Figura 4.15.



**Figura 4.15.** Diagrama de normalización y escalado de la señal analógica de iluminancia en el interior del paraninfo de la FIES.

#### 4.1.5. Implementación de la interface hombre máquina (HMI) para el monitoreo de luminarias del paraninfo

El monitoreo es desarrollado para el HMI KTP600 PN Basic de Siemens, cuyo proceso es como sigue: inicialmente se lee el estado de las luminarias, cada luminaria está relacionado a un ícono gráfico distribuido en la pantalla táctil antes indicado, la pantalla muestra el estado real de las luminarias (prendido, apagado), ver Figura 4.16.



**Figura 4.16.** Diagrama del monitoreo por HMI KTP600 PN basic de luminarias del paraninfo de la FIES.

El estado de las luminarias y el nivel de iluminancia es proporcionado por el programa implementado en el PLC S7 1200 (figuras 4.12 y 4.15). Para mostrar el estado de las luminarias en HMI KTP600 PN basic se establece una tabla de variables estándar para conexión a la HMI, todas las variables tienen un ciclo de adquisición de 100 ms, para una visualización de cambios cercanos a tiempo real.

**Tabla 4.3.** Variables estándar para conexión a la HMI

	Nombre	Tipo de datos	Conexión	Nombre PLC	Variable PLC	Ciclo de adq...
PLC	Hora	Time_Of_...	HMI_Conexi...	PLC_1	Hora	1 s
PLC	LuzFila8	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	LuzFila8	100 ms
PLC	LuzFila7	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	LuzFila7	100 ms
PLC	LuzFila6	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	LuzFila6	100 ms
PLC	I_Luz	Real	HMI_Conexión_1	PLC_1	I_Luz	100 ms
PLC	LuzNoche	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	luzNoche	100 ms
PLC	LuzFila9	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	LuzFila9	100 ms
PLC	LuzFila1	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	LuzFila1	100 ms
PLC	LuzReflector	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	LuzReflector	100 ms
PLC	LuzAtrio	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	LuzAtrio	100 ms
PLC	luzFila2	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	LuzFila2	100 ms
PLC	LuzFila5	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	LuzFila5	100 ms
PLC	LuzFila4	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	LuzFila4	100 ms
PLC	LuzFila3	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	LuzFila3	100 ms

El monitoreo por HMI de luminarias tiene tres pantallas, siendo la primera la pantalla principal (ver Figura 4.17), desde donde se puede ingresar a la pantalla de monitoreo del estado de luminarias (ver Figura 4.18) y a la pantalla de visualización del nivel de iluminancia en el paraninfo (ver Figura 4.19).

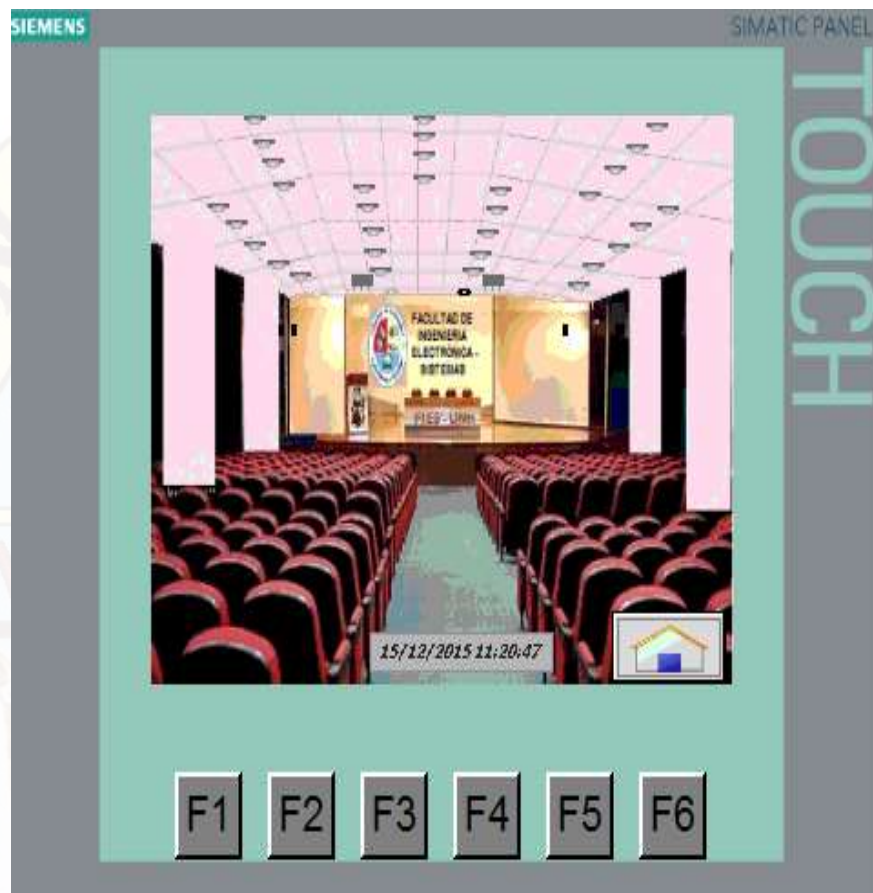




**Figura 4.17.** Pantalla principal del HMI para el monitoreo de luminarias del paraninfo de la FIES.

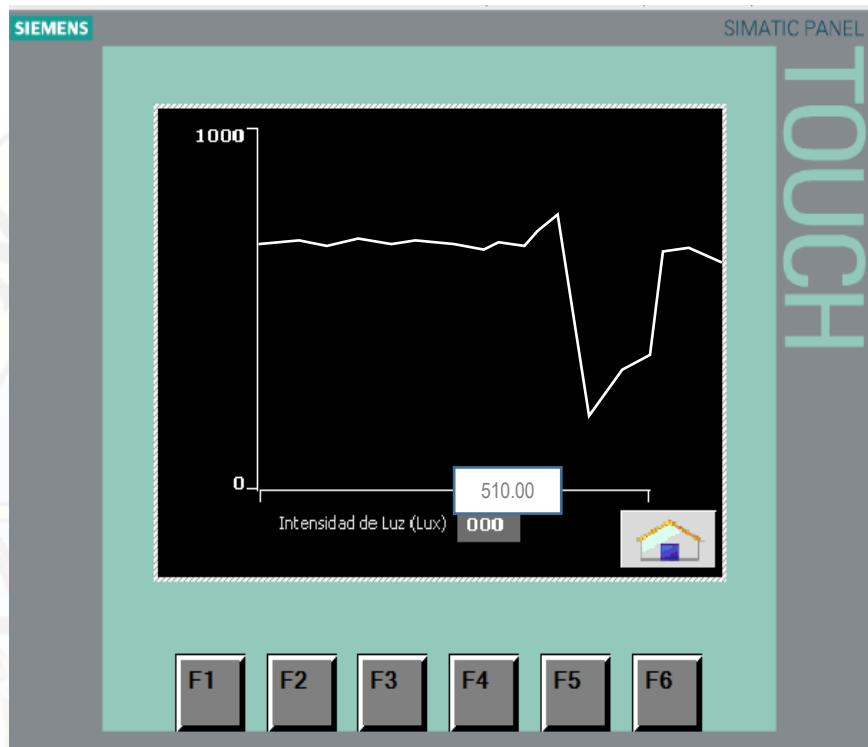
Para el monitoreo HMI del estado de luminarias se enlazan las siguientes variables:

- ✓ Atrio.
- ✓ Reflector.
- ✓ LuzFila1.
- ✓ LuzFila2.
- ✓ LuzFila3.
- ✓ LuzFila4.
- ✓ LuzFila5.
- ✓ LuzFila6.
- ✓ LuzFila7.
- ✓ LuzFila8.
- ✓ LuzFila9.
- ✓ LuzNoche.



**Figura 4.18.** Pantalla de monitoreo del estado de luminarias del paraninfo de la FIES.

Para visualizar el nivel de iluminancia en el paraninfo, se relaciona con la variable para HMI I\_Luz, estableciendo un rango de 0 Lux a 1,000 Lux. La pantalla de monitorización de la iluminancia se muestra en la Figura 4.19.



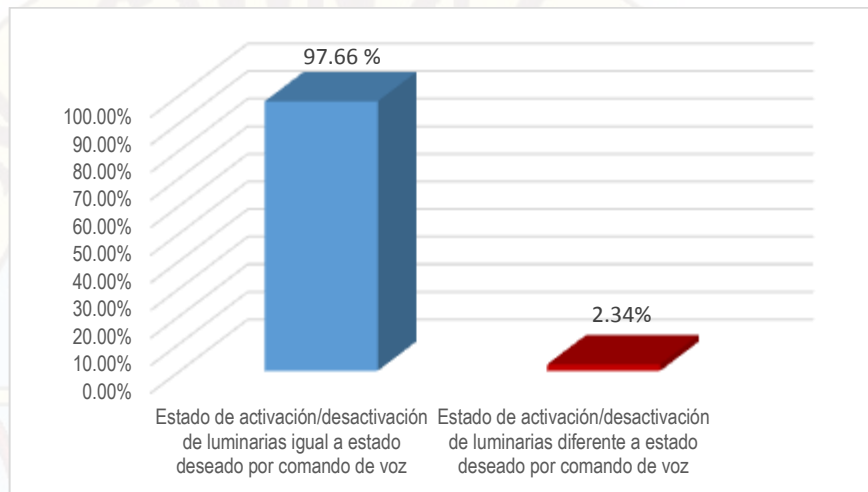
**Figura 4.19.** Pantalla de visualización del nivel de iluminancia en el paraninfo.

#### 4.2. Pruebas estadísticas y de hipótesis

Las pruebas se llevaron a cabo con el prototipo del sistema de control de luminarias por voz implementado, se tomaron 384 muestras apareadas de activación y desactivación de luminarias y muestras de monitoreo en HMI. Los datos se almacenaron en la tabla del Anexo 8.

Por tanto, se analizaron el estado de encendido y apagado de luminarias frente a las deseadas por comandos de voz, también se analizó el estado de las luminarias en la HMI frente a los deseados por comando de voz.

#### 4.2.1. Prueba estadística de estado de encendido y apagado de luminarias frente a las deseadas por comandos de voz



**Figura 4.20.** Estado de activación/desactivación de luminarias como respuesta al estado deseado por comando de voz (Fuente: tabla del Anexo 8).

La Figura 4.20 muestra que el 97.66 % del estado de activación/desactivación de las luminarias son igual a los deseados por comando de voz, el 2.34 % del estado de activación/desactivación de luminarias son diferentes a los deseados por comandos de voz. La correlación y desviación estándar de las muestras relacionadas son analizados con SPSS, cuyos resultados se muestran en las tablas 4.4, 4.5 y 4.6.

**Tabla 4.4.** Estadística de muestras relacionadas de estado de activación/desactivación de luminarias por comandos de VOZ.

		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Comando_de_voz	1.49	384	0.501	0.026
	Comando_de_voz_reconocido	1.49	384	0.501	0.026



Fuente: Tabla del Anexo 8.

**Tabla 4.5.** Correlación de muestras relacionadas de estado de activación/desactivación de luminarias por comandos de VOZ.

		N	Correlación	Sig.
Par 1	Comando_de_voz & Comando_de_voz_reconocido	384	0.953	0.000

El valor de la correlación es de 0.953, lo que indica que las muestras están muy correlacionadas, teniendo una alta similitud.

**Tabla 4.6.** Prueba t de muestras apareadas de estado de activación/desactivación de luminarias por comandos de VOZ.

		Diferencias emparejadas					t	gl	Sig. (bilateral)
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior	Superior			
Par 1	Comando_de_voz - Comando_de_voz_reconocido	0.003	0.153	0.008	0.018	0.013	0.333	383	0.739

En la Tabla 4.6 la media de la diferencia de comando de voz y comando de voz reconocido para la activación/desactivación de luminarias es de 0.003, la desviación estándar es menor a 0.153 y la significación p a ambas colas es 0.739.

#### 4.2.2. Prueba de hipótesis específica 1

Se establece la hipótesis específica de trabajo 1:

**Hipótesis específica de trabajo 1.-** El módulo de reconocimiento de voz, basado en Android y App Inventor 2 e integrado al PLC S7 1200, activa y desactiva adecuadamente las luminarias por comandos.

**Hipótesis nula  $H_0$ .**- El módulo de reconocimiento de voz, basado en Android y App Inventor 2 e integrado al PLC S7 1200, activa y desactiva adecuadamente las luminarias por comandos.

$$H_0: u_1 = u_2$$

Donde:  $u_1$ , media deseada de activación/desactivación de luminarias por comandos de voz, y

$u_2$ , media de luminarias activadas/desactivadas por comando de voz.

**Hipótesis alternativa  $H_1$ .**- El módulo de reconocimiento de voz, basado en Android y App Inventor 2 e integrado al PLC S7 1200, no activa y desactiva adecuadamente las luminarias por comandos.

$$H_1: u_1 \neq u_2$$

Donde:  $u_1$ , es la media deseada de activación/desactivación de luminarias por comandos de voz, y

$u_2$ , es la media de luminarias activadas/desactivadas por comando de voz.

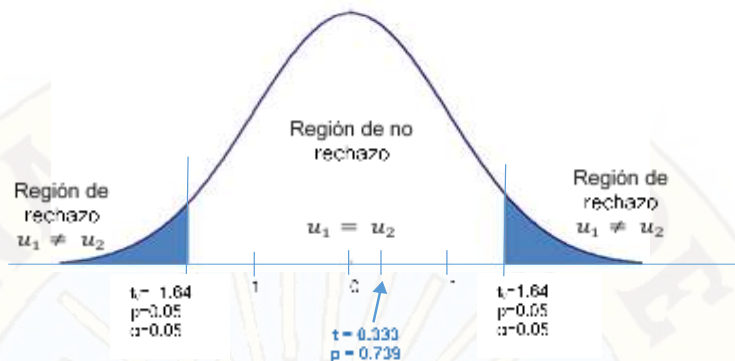
#### **Prueba de hipótesis:**

Para la prueba de la hipótesis específica 1 se establece la siguiente regla de decisión:

Si p-valor asociado al "t" estadístico de contraste es mayor que 0.05, se acepta la hipótesis nula al nivel de significancia  $\alpha$ .

Si  $p < 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis alternativa.

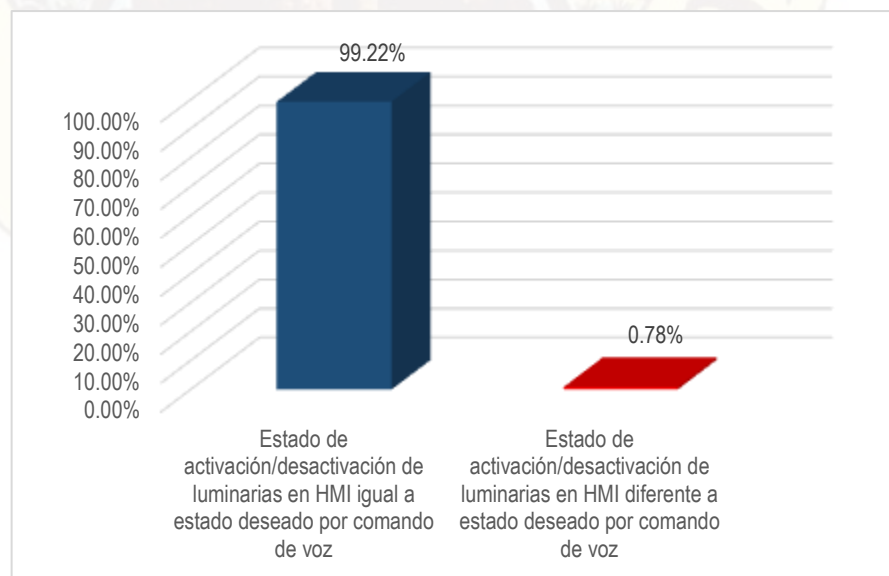
En la Figura 4.21 se distribuye sobre la curva normal (para  $gl=383$ ) el valor de los estadísticos " $t=0.333$ " y " $p \text{ valor}=0.739$ " (Sig. (bilateral) = 0.739) calculados en la Tabla 4.6



**Figura 4.21.** Región de rechazo y no rechazo de la hipótesis nula  $H_0$ .

En la Tabla 4.6, el p-valor de los pares: “Comando\_de\_voz - Comando\_de\_voz\_reconocido”, es 0.739 (Sig. (bilateral) = 0.739), en la Figura 4.21 se observa que el estadístico “ $t=0.333$ ” se encuentra en la región de no rechazo de la hipótesis nula. Estos valores indican que el proceso de activación y desactivación de luminarias por comandos de voz es adecuado, por lo que *“el módulo de reconocimiento de voz, basado en Android y App Inventor 2 e integrado al PLC S7 1200, activa y desactiva adecuadamente las luminarias por comandos”*.

#### 4.2.3. Prueba estadística de monitoreo HMI de encendido y apagado de luminarias frente a las deseadas por comandos de voz



**Figura 4.22.** Estado de activación/desactivación de luminarias monitoreado en la HMI como respuesta al estado deseado por comando de voz (Fuente: tabla del Anexo 8).

La Figura 4.22 muestra que el 99.20 % del estado de activación/desactivación de las luminarias deseados por comando de voz son monitoreados en HMI, el 2.34 % del estado de activación/desactivación de luminarias no son monitoreados en la HMI. La correlación y desviación estándar de las muestras relacionadas son analizados con SPSS, cuyos resultados se muestran en las tablas 4.7, 4.8 y 4.9.

**Tabla 4.7.** Estadística de muestras relacionadas de estado de activación/desactivación de luminarias y estado en HMI de luminarias.

		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	Estado_deseado_luminaria	1.49	384	0.501	0.026
	Estado_HMI_luminaria	1.49	384	0.501	0.026

Fuente: Tabla del Anexo 8.

**Tabla 4.8.** Correlación de muestras relacionadas de estado de activación/desactivación de luminarias y estado en HMI de luminarias.

		N	Correlación	Sig.
Par 1	Estado_deseado_luminaria & Estado_HMI_luminaria	384	0.984	0.000

El valor de correlación es de 0.984, lo que indica que las muestras están muy correlacionadas, teniendo una alta similitud.

**Tabla 4.9.** Prueba t de muestras apareadas de estado de activación/desactivación de luminarias y estado en HMI de



luminarias.

		Diferencias emparejadas				t	gl	Sig. (bilateral)	
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia				
					Inferior				Superior
Par 1	Estado_deseado_luminaria - Estado_HMI_luminaria	0.003	0.088	0.005	-0.011	0.006	0.577	383	0.564

En la Tabla 4.9 la media de la diferencia de Estado deseado de luminaria y estado HMI de luminaria es de 0.003, la desviación estándar es menor a 0.088 y la significación p a ambas colas es 0.564.

#### 4.2.4. Prueba de hipótesis específica 2

Se establece la hipótesis específica de trabajo:

**Hipótesis específica de trabajo 2.-** La HMI teniendo como componentes principales el Touch Screen KTP 600, PLC S7 1200 con comunicación PROFINET, monitorea adecuadamente el estado de las luminarias del paraninfo.

**Hipótesis nula  $H_0$ .-** La HMI teniendo como componentes principales el Touch Screen KTP 600, PLC S7 1200 con comunicación PROFINET, monitorea adecuadamente el estado de las luminarias del paraninfo.

$$H_0: u_1 = u_2$$

Donde:  $u_1$ , media de estado de luminarias, y

$u_2$ , media de estado de luminarias en HMI.

**Hipótesis alternativa  $H_1$ .-** La HMI teniendo como componentes principales el Touch Screen KTP 600, PLC S7 1200 con comunicación PROFINET, no monitorea adecuadamente el estado de las luminarias del paraninfo.

$$H_1: u_1 \neq u_2$$

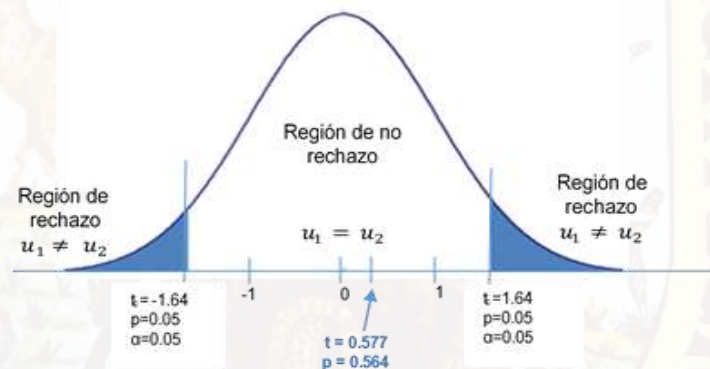
Donde:  $u_1$ , media de estado de luminarias, y  
 $u_2$ , media de estado de luminarias en HMI.

#### Prueba de hipótesis:

Para la prueba de la hipótesis específica 2 se establece la siguiente regla de decisión:

Si  $p < 0.05$ , se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis alternativa.

En la Figura 4.23 se distribuye sobre la curva normal (para  $gl=383$ ) el valor de los estadísticos " $t=0.577$ " y " $p\text{ valor}=0.564$ " (Sig. (bilateral) = 0.564) calculados en la Tabla 4.9



**Figura 4.23.** Región de rechazo y no rechazo de la hipótesis nula  $H_0$ .

En la Tabla 4.9, el p-valor de los pares: "Estado\_deseado\_luminaria - Estado\_HMI\_luminaria", es 0.564 (Sig. (bilateral) = 0.564), en la Figura 4.23 se observa que el estadístico " $t=0.577$ " se encuentra en la región de no rechazo de la hipótesis nula. Estos valores indican que, teniendo como componentes principales el Touch Screen KTP 600, PLC S7 1200 con comunicación PROFINET HMI, el proceso de monitoreo por la HMI del estado de las luminarias del paraninfo es adecuado, por lo que *"La HMI teniendo como componentes principales el Touch Screen KTP 600, PLC*

*S7 1200 con comunicación PROFINET, monitorea adecuadamente el estado de las luminarias del paraninfo”.*

#### **4.2.5. Prueba de hipótesis general**

Comprobadas las hipótesis específicas de trabajo 1 e hipótesis específica de trabajo 2, queda demostrado el cumplimiento de la hipótesis general de trabajo “El sistema de control por comandos de voz e interface HMI, automatiza adecuadamente el proceso de activación y desactivación de las luminarias del paraninfo de la Facultad de Ingeniería Electrónica - Sistemas de la Universidad Nacional de Huancavelica”.

En consecuencia, se acepta todas las hipótesis planteadas en la investigación titulada “Sistema de control de luminarias activado por voz y con monitoreo por HMI, para automatizar la iluminación en el paraninfo de la Facultad de Ingeniería Electrónica – Sistemas de la Universidad Nacional de Huancavelica”.

#### **4.3. Discusión**

Esta investigación estuvo dirigida a automatizar el proceso de activación y desactivación de las luminarias del paraninfo de la Facultad de Ingeniería Electrónica – Sistemas de la UNH, para el cual se diseñó e implementó un módulo de reconocimiento de voz basado en Android y App Inventor 2 integrado al PLC S7 1200. La interface hombre maquina (HMI) se implementó sobre la pantalla Touch Screen KTP 600, y el PLC S7 1200 con comunicación PROFINET para monitoreo de luminarias del paraninfo.

Con el prototipo implementado se procedió con las pruebas de funcionamiento en dos fases; primero se probó el funcionamiento de las luminarias y en segundo lugar se probó la representación del estado de luminarias en la interface HMI.

De los resultados obtenidos en esta investigación, se puede afirmar que el estado de la activación y desactivación de las luminarias por comandos de voz fue de 97.66 % exitoso, mientras que el 2.34 % fueron respuestas diferentes a lo deseado por el usuario. Al hacer la prueba de las hipótesis se encuentra un “p valor = 0.739” lo que indica que no existen diferencias significativas entre lo deseado por medio de comandos de voz y las respuestas efectivas de encendido y apagado de las luminarias.

Por otro lado, la representación del estado de las luminarias sobre la pantalla HMI se cumple en un 99.22 % siendo solo un 0.78 % los casos en que no se cumple. Al hacer la prueba de las hipótesis se encuentra un “p valor = 0.564” lo que indica que no existen diferencias significativas entre el estado real de las luminarias y el estado representado sobre la pantalla HMI. Por lo que quedan probadas satisfactoriamente las hipótesis planteadas en la investigación dando solución efectiva al problema formulado.

Al comparar el módulo de reconocimiento de voz empleado en esta investigación con el usado en el trabajo “Control domótico por voz” desarrollado por Panta J (2012), tiene ventajas significativas por usar la interface de reconocimiento de voz online desarrollado por el MIT (App inventor 2). Cabe señalar que los trabajos considerados en los antecedentes sirvieron de base para el desarrollo de esta investigación.

Es necesario que se siga realizando investigaciones sobre procesos de automatización de paranimfos y auditorios con la finalidad de mejorar la calidad de la iluminación, servicio y contribuir al ahorro de energía eléctrica. Toda vez que la población, las instituciones públicas y privadas, así como la industria creciente requieren de mayores recursos energéticos.



## CONCLUSIONES

- Se determinó las características del módulo de reconocimiento de voz, siendo una de ellas la capacidad de identificar 30 comandos de voz, y la otra, transmitir los comandos en seudónimo por comunicación inalámbrica vía Bluetooth hacia el sistema de control implementado con un módulo receptor de este tipo de comunicación. La programación del módulo de reconocimiento de voz fue desarrollada para Android en la plataforma de App Inventor 2. Estos comandos previamente identificados activan/desactivan las luminarias que están distribuidos en el paraninfo del modo siguiente: 02 luminarias de atrio, 02 reflectores, 09 filas que contiene un total 32 luminarias y 10 luces de noche.
- Se determinó como uno de los componentes principales de la interface hombre maquina (HMI) al KTP 600 de Siemens por la facilidad de programación e integración al PLC S7 1200 con comunicación PROFINET. Esta pantalla HMI permitió monitorear adecuadamente el estado de las luminarias del paraninfo.
- Finalmente, se diseñó e implementó el sistema de control por comandos de voz e interface HMI que permitió automatizar el proceso de activación y desactivación de las luminarias del paraninfo de la Facultad de Ingeniería Electrónica - Sistemas de la Universidad Nacional de Huancavelica.

## RECOMENDACIONES

- Para el funcionamiento adecuado del módulo de reconocimiento de voz con el componente Speech Recognizer de App Inventor 2 se debe pronunciar claramente las palabras que conforman los comandos que están preestablecidos con velocidad de pronunciación que debe variar de uno a dos segundos por palabra. Estos dos parámetros determinaron el grado de eficacia del módulo de reconocimiento de voz relacionado al proceso de activación/desactivación de luminarias.
- Para monitoreo adecuado del estado de las luminarias del paraninfo, el módulo de interface HMI KTP 600 debe tener una dirección TCP/IP en un mismo segmento de red.
- El controlador más los actuadores del sistema de control por comandos de voz deben estar ubicados en la sala de control de iluminación del paraninfo, mientras que el módulo de reconocimiento de voz debe estar implemento sobre el celular del usuario con sistema operativo Android V 4.0 o superior, y la pantalla HMI debe estar ubicado en un lugar visible para el correcto monitoreo del estado de las luminarias.

## **REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA**

- [1]. Panta J. Control domótico por voz [Proyecto final de carrera para optar el título de ingeniero en informática de sistemas]. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática, Universidad Politécnica de Valencia. España; 2012.
- [2]. García J, Ortiz C. Automatización del auditorio N° 2 de la ESIME [Trabajo para optar el título profesional de ingeniero en control y automatización]. Escuela Superior Tecnológica de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Instituto Politécnico Nacional. México; 2010.
- [3]. Mendoza A. Diseño, programación y configuración de un sistema de control y monitoreo por voz para el manejo de sistemas de audio, video, seguridad e iluminación residencial [Proyecto de grado para optar el título de ingeniero en automatización y control]. Carrera de Ingeniería en Automatización y Control, Departamento de Eléctrica y Electrónica, Universidad de las Fuerzas Armadas. Ecuador; 2013.
- [4]. Rea E, Pinos L. Control de componentes eléctricos y electrónicos por medio de comandos de voz [Tesis previa a la obtención del título de: ingeniero electrónico con mención en sistemas computacionales]. Facultad de Ingenierías, Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador; 2011.
- [5]. Capel S. Reconocimiento del habla [Internet]. [Citado el 27 de febrero de 2015] Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Reconocimiento\\_del\\_habla](http://es.wikipedia.org/wiki/Reconocimiento_del_habla).
- [6]. Rederjo JL. Uso de App Inventor [Internet]. [Citado el 27 de febrero de 2015] Disponible en: <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/en/software/programacion/1090-uso-de-appinventor-en-la-asignatura-de-tecnologias-de-la-comunicacion-y-la-informacion>.
- [7]. Mayet B. Android [Internet]. [Citado el 27 de febrero de 2015] Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Android>.
- [8]. Leophix. Arduino Nano [Internet]. [Citado el 27 de febrero de 2015.] Disponible en: [http://www.leophix.com/arduino?option=com\\_content&view=article&id=531&Itemid=205&p=204](http://www.leophix.com/arduino?option=com_content&view=article&id=531&Itemid=205&p=204).

- [9]. Smith C, Corripio A. Control Automático de Procesos. (1<sup>ra</sup> Edición). México. Editorial Limusa; 1991
- [10]. Ogata K. Ingeniería de Control Moderna. (3<sup>ra</sup> Edición). México: Editorial Prentice Hall; 1998.
- [11]. Siemens. PLC S7 1200. SIMATIC S7-1200 Manual del producto [Internet]. [Citado el 27 de febrero de 2015.] Disponible en: <https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores/s71200/>; 2014.





## ARTÍCULO CIENTÍFICO

**SISTEMA DE CONTROL DE LUMINARIAS ACTIVADO POR VOZ Y CON MONITOREO  
POR HMI, PARA AUTOMATIZAR LA ILUMINACIÓN EN EL PARANINFO DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA – SISTEMAS DE LA UNIVERSIDAD  
NACIONAL DE HUANCAMELICA**

**LIGHTING CONTROL SYSTEM Prendido VOICE AND MONITORING BY HMI TO  
AUTOMATE LIGHTING IN THE AUDITORIUM OF THE FACULTY OF ENGINEERING  
ELECTRONICS - SYSTEMS OF THE UNIVERSITY OF HUANCAMELICA**

Lidski Yosef Espinoza Trucios, Abel Gerson Zarate Cáceres

Universidad Nacional de Huancavelica, Facultad de Ingeniería Electrónica – Sistemas,  
Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica

**RESUMEN**

El objetivo de la investigación fue: diseñar e implementar el sistema de control por comandos de voz e interface HMI que automatice el proceso de activación y desactivación de las luminarias del paraninfo de la Facultad de Ingeniería Electrónica - Sistemas de la Universidad Nacional de Huancavelica. El método empleado es el científico, como método particular se usó el experimental que utilizó como procesos lógicos la inducción y la deducción. Como resultado se implementó un prototipo del sistema de control de luminarias activado por voz y con monitoreo por HMI, se estableció que el controlador por comandos de voz y comunicación inalámbrica por Bluetooth integrado con un controlador lógico programable S7 1200 permitió controlar el proceso de activación y desactivación efectiva de luminarias. En conclusión: el módulo de reconocimiento de voz identifica 30 comandos con la aplicación desarrollado en Android y App Inventor 2 [1] [2] [3] [5], la interface hombre maquina (HMI) KTP 600 con PLC S7 1200 [7] y comunicación PROFINET [7], monitorea adecuadamente el estado de las luminarias del paraninfo [4]. Por lo que el sistema de control por comandos de voz e interface HMI, automatiza adecuadamente el proceso de activación y desactivación de las luminarias del paraninfo de la Facultad de Ingeniería Electrónica - Sistemas de la Universidad Nacional de Huancavelica.

**Palabras claves:** Control voz, PLC, iluminación de auditorio, interface hombre máquina.

## **ABSTRACT**

The aim of the research was: design and implement the system voice command control and HMI interface that automates the process of activation and deactivation of the luminaries of the auditorium of the Faculty of Electronic Engineering - Systems National University of Huancavelica. The method is scientific, and particularly the experimental method that logical processes used as induction and deduction used. As a result a prototype control system luminaire voice activated and monitored by HMI was implemented, it was established that the driver by voice commands and Bluetooth wireless communication integrated with a programmable logic controller S7 1200 it possible to control the activation and effective lights apagar. In conclusion: the voice recognition module identifies 30 commands with the application developed prender Android and App Inventor 2, the human machine interface (HMI) KTP 1200 S7 600 PLC and PROFINET communication, properly monitors the status of the lights the auditorium. So the control system by voice commands and interface HMI, properly automates the process of activation and deactivation of the luminaries of the auditorium of the Faculty of Electronic Engineering - Systems National University of Huancavelica.

**Key words:** control system, automation, lighting.

## **INTRODUCCIÓN**

El paraninfo de la FIES-UNH, tiene capacidad para 200 personas, cuenta con 32 luminarias de salón, 02 luminarias de atrio, 02 reflectores para atrio y 10 luces decorativas, cuyas llaves e interruptores se encuentran ubicados en la sala de control en el segundo nivel del paraninfo a una distancia de 30 metros del atrio. El control de iluminación del paraninfo de es manual, toda vez que fue diseñado e implementado con cableado de red eléctrica tradicional, dependiendo la activación y desactivación de las luminarias exclusivamente de un personal de vigilancia de turno. En la actualidad con la tecnología existente es necesario automatizar este proceso. Este trabajo de investigación parte de la hipótesis: el sistema de control por comandos de voz e interface HMI, automatiza el proceso de activación y desactivación de las luminarias del paraninfo de la Facultad de



Ingeniería Electrónica - Sistemas de la Universidad Nacional de Huancavelica. Se obtuvo como resultado un controlador por comandos de voz y comunicación inalámbrica, capaz de controlar el proceso de activación y desactivación de las luminarias y monitorear el estado de las luminarias desde la interface HMI.

## MATERIAL Y MÉTODOS

En el desarrollo del trabajo se ha utilizado diversos materiales entre los más resaltantes tenemos: PLC S7 1200, pantalla HMI KTP 600, sistema de reconocimiento de voz [4] con comunicación por Bluetooth [6], tablas de toma de datos, actuadores de las luminarias, Arduino Nano. El método que se empleó fue el experimental, ya que el funcionamiento del brazo articulado es estudiado como un todo, partiendo de las entradas que son las instrucciones de control que provienen de los comandos de voz hasta las salidas que vienen a ser la activación desactivación de las luminarias y su respectivo monitoreo sobre la pantalla HMI.

## RESULTADOS

El propósito de la investigación fue obtener un prototipo del sistema de control de luminarias activado por voz y con monitoreo por HMI. El sistema diseñado e implementado es controlado por comandos de voz, desde una aplicación desarrollada en la plataforma de Android, que es capaz de reconocer los comandos de voz y enviar el seudónimo de comando de voz (código equivalente a comando) al módulo de comunicación inalámbrico integrado al PLC S7 1200 por medio de comunicación inalámbrica por Bluetooth (ver Figura 1).

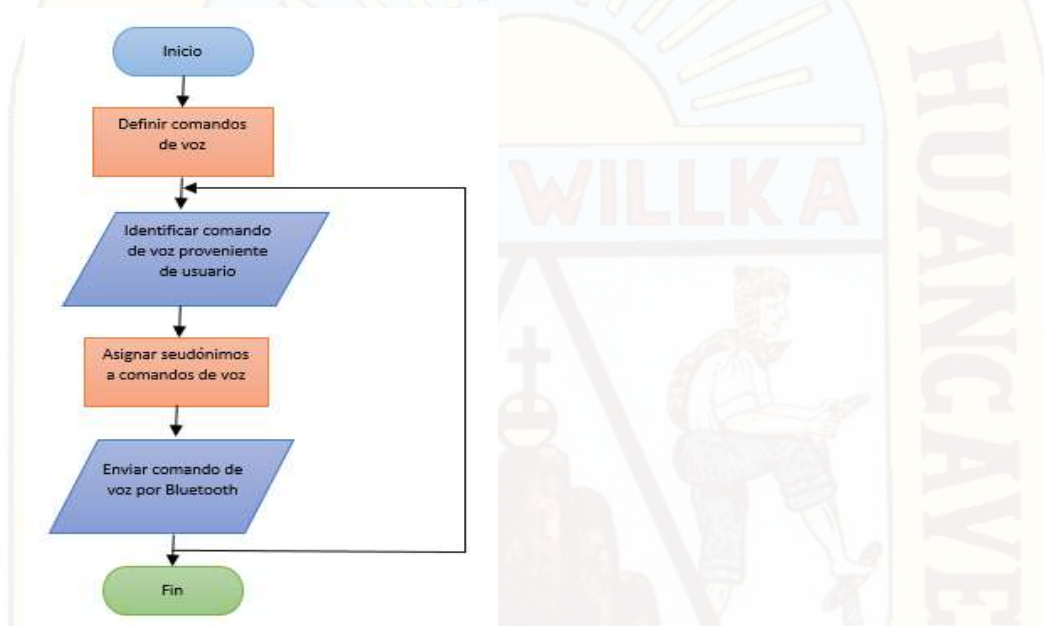




**Figura 1.** Diagrama de bloques del brazo articulado de tres grados de libertad controlado por voz y comunicación inalámbrica.

### **Diseño e implementación de la aplicación Android para control por comandos de voz de luminarias del paraninfo**

La interface de control por comandos de voz de las luminarias del paraninfo de la FIES se desarrolló en la plataforma de aplicaciones de Android, empleando el software libre App Inventor 2 desarrollado por el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT).

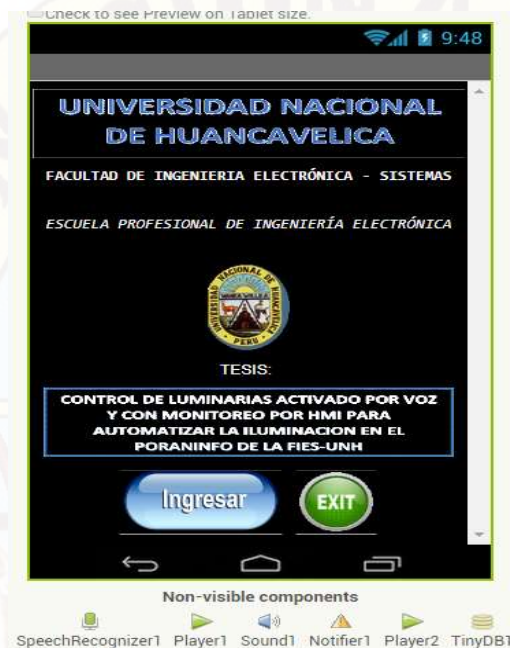


**Figura 2.** Diagrama de flujo del algoritmo de identificación de comandos de voz para control de luminarias de paraninfo y envío por Bluetooth

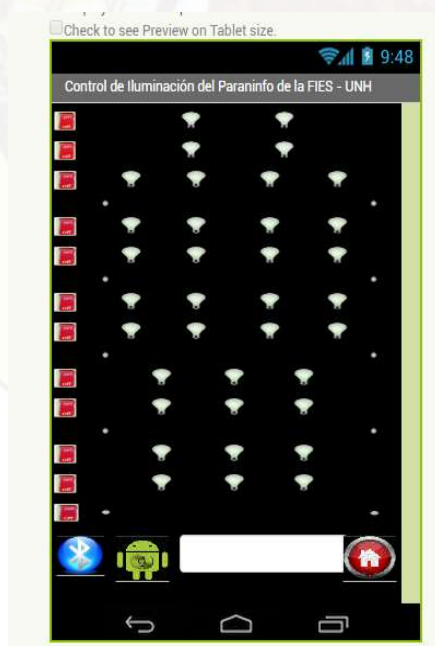
En la Figura 3 se desarrolla la configuración de comunicación Bluetooth y la aplicación para la pantalla de interface principal.

Una vez conectado al dispositivo de comunicación inalámbrica por Bluetooth, se ingresa a la pantalla de interface: “control de iluminación de paraninfo de la FIES-UNH” (ver Figura 4), donde se tiene la distribución de las luminarias del interior del paraninfo de la FIES, los que serán activados por comandos de voz. En esta interface se emplea como componentes el módulo de reconocimiento de voz, notificador, reproductor de sonido, conversor de texto a sonido y cliente Bluetooth, los mismos que hacen posible el

reconocimiento de los comandos de voz, la reproducción y el envío de seudónimos de los comandos por Bluetooth para el control de luminarias del paraninfo de la FIES.



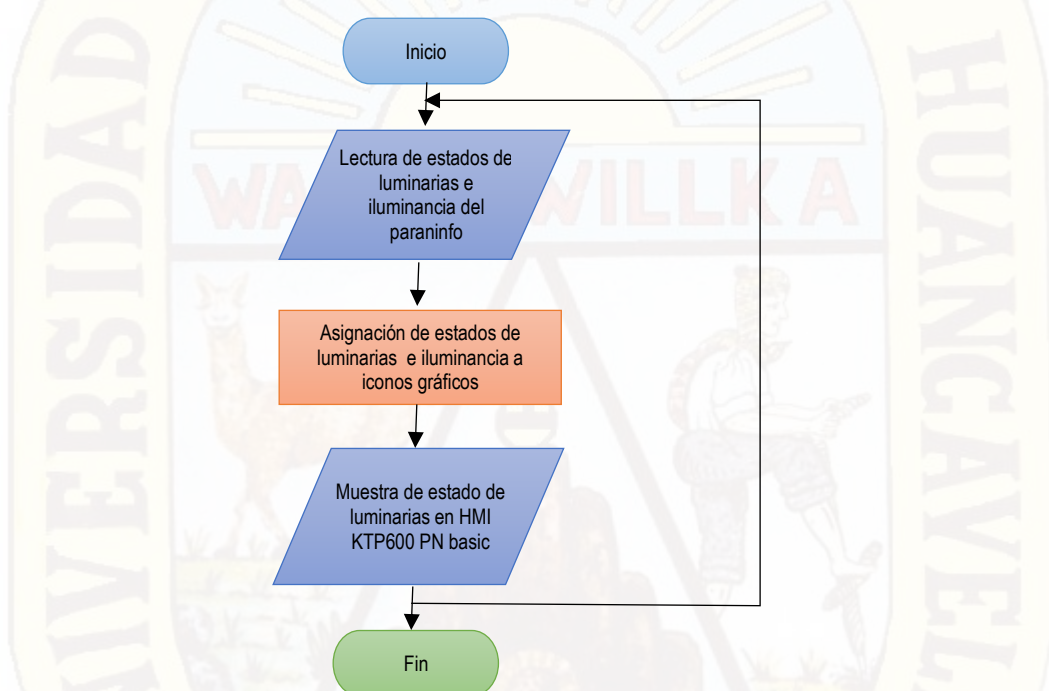
**Figura 3.** Interface de la pantalla principal de la aplicación Android de reconocimiento de comandos de voz.



**Figura 4.** Interface de la pantalla de control de luminarias del paraninfo desarrollado como aplicación para Android.

### Implementación de la interface hombre máquina (HMI) para el monitoreo de luminarias del paraninfo

El monitoreo es desarrollado para el HMI KTP600 PN basic de Siemens, cuyo proceso es como sigue: inicialmente se lee el estado de las luminarias, cada luminaria está relacionado a un ícono gráfico distribuido en la pantalla táctil antes indicado, la pantalla muestra el estado real de las luminarias (prendido, apagado), ver Figura 5.



**Figura 5.** Diagrama del monitoreo por HMI KTP600 PN basic de luminarias del paraninfo de la FIES.

Para el monitoreo HMI del estado de luminarias se enlazan las siguientes variables:

- Atrio.
- Reflector.
- LuzFila1.
- LuzFila2.
- LuzFila3.
- LuzFila4.
- LuzFila5.
- LuzFila6.
- LuzFila7.
- LuzFila8.
- LuzFila9.
- LuzNoche.



**Figura 6.** Pantalla de monitoreo del estado de luminarias del paraninfo de la FIES.

## DISCUSIÓN

El trabajo de investigación se orientó a la automatización del proceso de activación/desactivación de luminarias, empleando comandos de voz y el monitoreo por pantalla HMI. Una vez diseñado e implementado se procedió con las pruebas de funcionamiento respectivos tanto de la activación/desactivación de las luminarias como de su monitoreo en la pantalla KTP 600 de Siemens, para demostrar la fiabilidad de funcionamiento se plantea las hipótesis de trabajo que a su vez permitieron demostrar las hipótesis de investigación. Para esto se prueba las hipótesis, al hacer las pruebas se encuentra que el sistema de control por comandos de voz tiene una eficacia del 97.66 % para la activación y desactivación de las luminarias y la interface HMI, para el monitoreo del estado de las luminarias tiene una eficacia del 99.22 %.

## CONCLUSIÓN

El módulo de reconocimiento de voz identifica 30 comandos con la aplicación desarrollado en Android y App Inventor 2, la interface hombre maquina (HMI) KTP 600 con PLC S7



1200 y comunicación PROFINET, monitorea adecuadamente el estado de las luminarias del paraninfo, el sistema de control por comandos de voz tiene una eficacia del 97.66 % para la activación y desactivación de las luminarias y la interface HMI, para el monitoreo del estado de las luminarias tiene una eficacia del 99.22 %. Por lo que el sistema de control por comandos de voz e interface HMI, automatiza adecuadamente el proceso de activación y desactivación de las luminarias del paraninfo de la Facultad de Ingeniería Electrónica - Sistemas de la Universidad Nacional de Huancavelica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. Panta J. Control domótico por voz [Proyecto final de carrera para optar el título de ingeniero en informática de sistemas]. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática, Universidad Politécnica de Valencia. España; 2012.
- [2]. Barrera M, Londoño N. Análisis y diseño de un prototipo de sistema domótico [Artículo Científico]. Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia. Colombia; 2013.
- [3]. García J, Ortiz C. Automatización del auditorio N° 2 de la ESIME [Trabajo para optar el título profesional de ingeniero en control y automatización]. Escuela Superior Tecnológica de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Instituto Politécnico Nacional. México; 2010.
- [4]. Rea E, Pinos L. Control de componentes eléctricos y electrónicos por medio de comandos de voz [Tesis previa a la obtención del título de: ingeniero electrónico con mención en sistemas computacionales]. Facultad de Ingenierías, Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador; 2011.
- [5]. Capel S. Reconocimiento del habla [Internet]. [Citado el 27 de febrero de 2015] Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Reconocimiento\\_del\\_habla](http://es.wikipedia.org/wiki/Reconocimiento_del_habla).
- [6]. Rederjo JL. Uso de App Inventor [Internet]. [Citado el 27 de febrero de 2015] Disponible en: <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/en/software/programacion/1090-uso-de-appinventor> -en -la- asignatura-de-tecnologias-de-la-comunicacion-y-la-informacion.

- [7]. Siemens. PLC S7 1200. SIMATIC S7-1200 Manual del producto [Internet]. [Citado el 27 de febrero de 2015.] Disponible en: <https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/controladores/s71200/>; 2014.

## ANEXOS

## **Anexo 1. Formato de encuesta aplicado a usuarios del paraninfo**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA - SISTEMAS**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN (TESIS):** SISTEMA DE CONTROL DE ILUMINACIÓN ACTIVADO POR VOZ E INTERFACE HMI, PARA MEJORAR LA ILUMINACIÓN DEL PARANINFO DE LA FIES-UNH

### **Encuesta a Usuarios del Paraninfo de la FIES**

**INSTRUCCIONES:** Estimado usuario del paraninfo de la FIES, a continuación encontrará una serie de afirmaciones sobre la control de iluminación, lo que usted deberá hacer es leer detenidamente cada afirmación y responderla, marcando con una "X" en el casillero correspondiente a la alternativa que más se asemeja a su opinión. Las alternativas de respuesta se describe a continuación:

#### **Alternativas de Respuesta:**

MB	Muy bien		B	Bien		
R	Regular	M	Malo		MM	Muy malo

N°	Enunciado	Alternativas (Siglas)				
1	Durante los eventos en el paraninfo a los que asistí las luminarias se encienden adecuadamente, utilizando tecnología actual.	MB	B	R	M	MM
2	En el paraninfo la iluminación es adecuada.	MB	B	R	M	MM
3	Estoy satisfecho con la iluminación en el paraninfo de la FIES.	MB	B	R	M	MM
4	Las luminarias se apagan adecuadamente permitiendo ahorro de energía.	MB	B	R	M	MM

Fin de la encuesta. Muchas gracias por tu colaboración

Pampas, marzo de 2015.

## **Anexo 2. Tratamiento de la encuesta aplicado a usuarios del paraninfo**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA - SISTEMAS**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN (TESIS): SISTEMA DE CONTROL DE ILUMINACIÓN ACTIVADO POR VOZ E INTERFACE HMI, PARA MEJORAR LA ILUMINACIÓN DEL PARANINFO DE LA FIES-UNH**

<b>Valoración de alternativas</b>				
MB=5	B=4	R=3	M=2	MM=1

<b>Tratamiento de la Encuesta</b>				
<b>N° Encuestado</b>	<b>Enunciado</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
1	MM	M	M	M
2	MM	M	M	M
3	MM	R	R	M
4	MM	M	M	M
5	MM	R	R	MM
6	MM	M	M	M
7	MM	M	M	M
8	MM	M	M	M
9	MM	M	M	M
10	MM	MM	MM	MM
11	MM	M	M	M
12	MM	M	M	M
13	MM	R	R	M
14	MM	M	M	M
15	MM	M	M	M
16	MM	MM	MM	MM
17	MM	R	R	M
18	MM	MM	MM	MM
19	MM	R	R	M
20	MM	MM	MM	MM
<b>Total</b>	20 MM	4MM, 11M, 5R	4MM, 11M, 5R	5MM, 15M
<b>Puntuación en base 100</b>	20	41	41	35



# PUNTUACIÓN DE LOS ENUNCIADOS

N°	Enunciado	% Puntuación Favorable	% Puntuación Desfavorable
1	Durante los eventos en el paraninfo a los que asistí las luminarias se encienden adecuadamente, utilizando tecnología actual.	20	80
2	En el paraninfo la iluminación es adecuada.	41	59
3	Estoy satisfecho con la iluminación en el paraninfo de la FIES.	41	59
4	Las luminarias se apagan adecuadamente permitiendo ahorro de energía.	35	65

### Anexo 3. Características técnicas del PLC SIMATIC S7-1200

FUNCIÓN	CPU 1214C
Dimensiones físicas (mm)	90 x 100 x 75
Memoria de usuario <ul style="list-style-type: none"> <li>• Memoria de trabajo</li> <li>• Memoria de carga</li> <li>• Memoria remanente</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 25 KB</li> <li>• 1 MB</li> <li>• 2 KB</li> </ul>
E/S integradas locales <ul style="list-style-type: none"> <li>• Digitales</li> <li>• Analógicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8 entradas/6 salidas</li> <li>• 2 entradas</li> </ul>
Tamaño de la memoria imagen de Proceso	1024 bytes para entradas (I) y 1024 bytes para salidas (Q)
Área de marcas (M)	4096 bytes
Ampliación con módulos de señales	2
Signal Board	1
Módulos de comunicación	3 (ampliación en el lado izquierdo)
Contadores rápidos <ul style="list-style-type: none"> <li>• Fase simple</li> <li>• Fase en cuadratura</li> </ul>	4 3 a 100 kHz 1 a 30 kHz 3 a 80 kHz 1 a 20 kHz
Salidas de impulsos	2
Memory Card	SIMATIC Memory Card (opcional)
Tiempo de respaldo del reloj de tiempo real	Típico: 10 días / Mínimo: 6 días a 40 °C
PROFINET	1 puerto de comunicación Ethernet
Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales	18 µs/instrucción
Velocidad de ejecución booleana	0,1 µs/instrucción

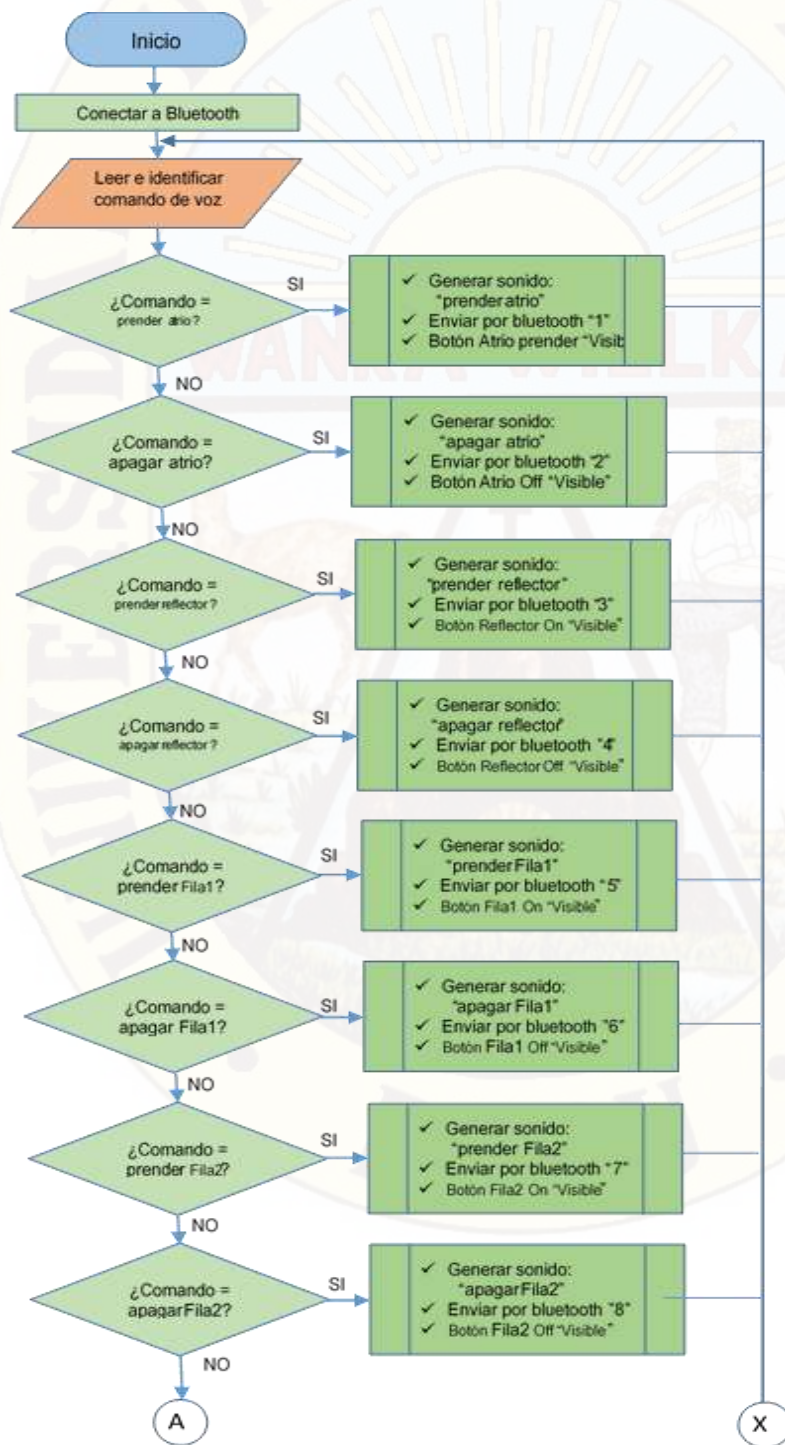
Fuente: SIMATIC S7-1200 Manual del producto.pdf

**Diagrama de distribución de los reflectores en el interior del paraninfo**

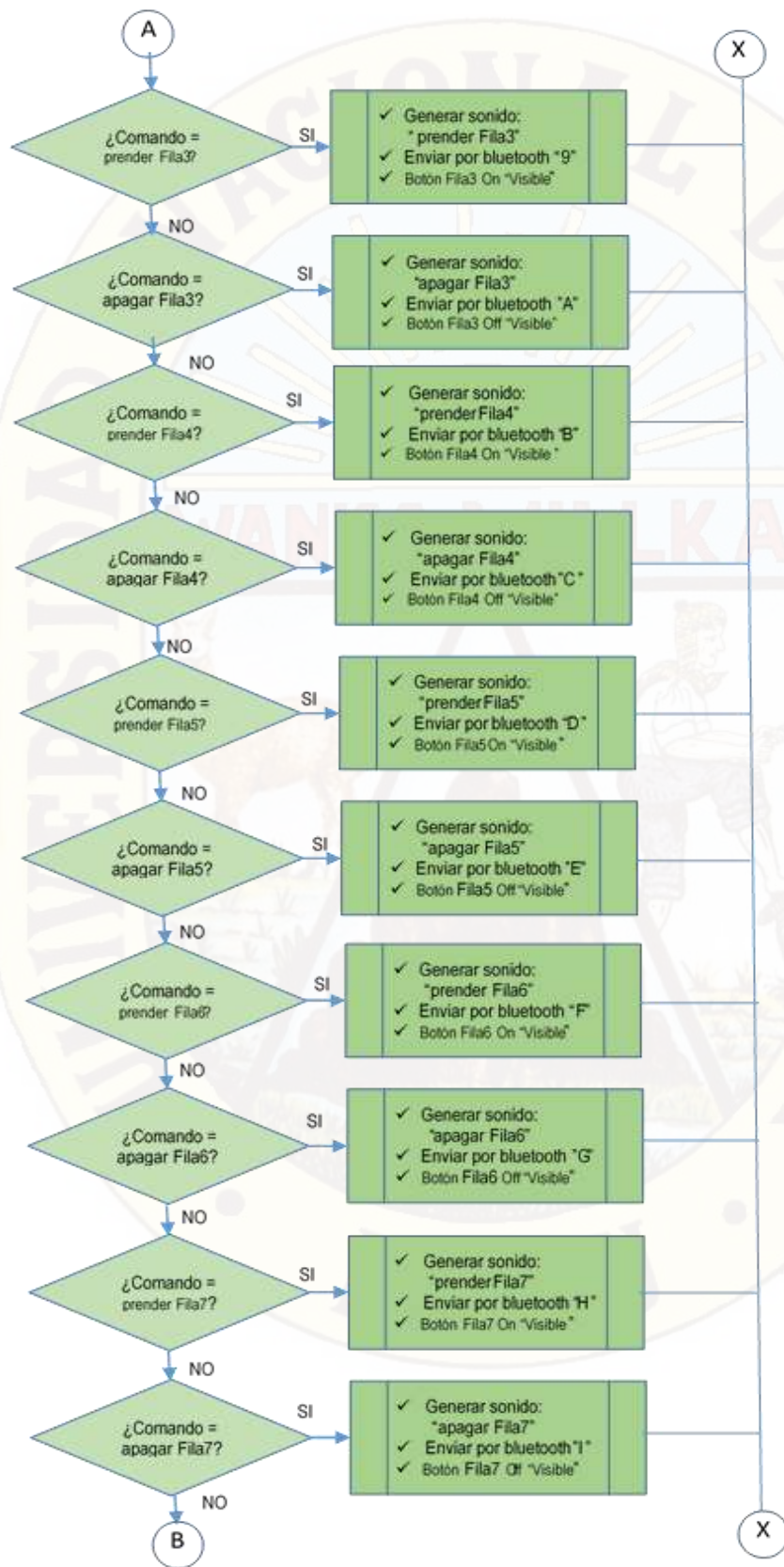


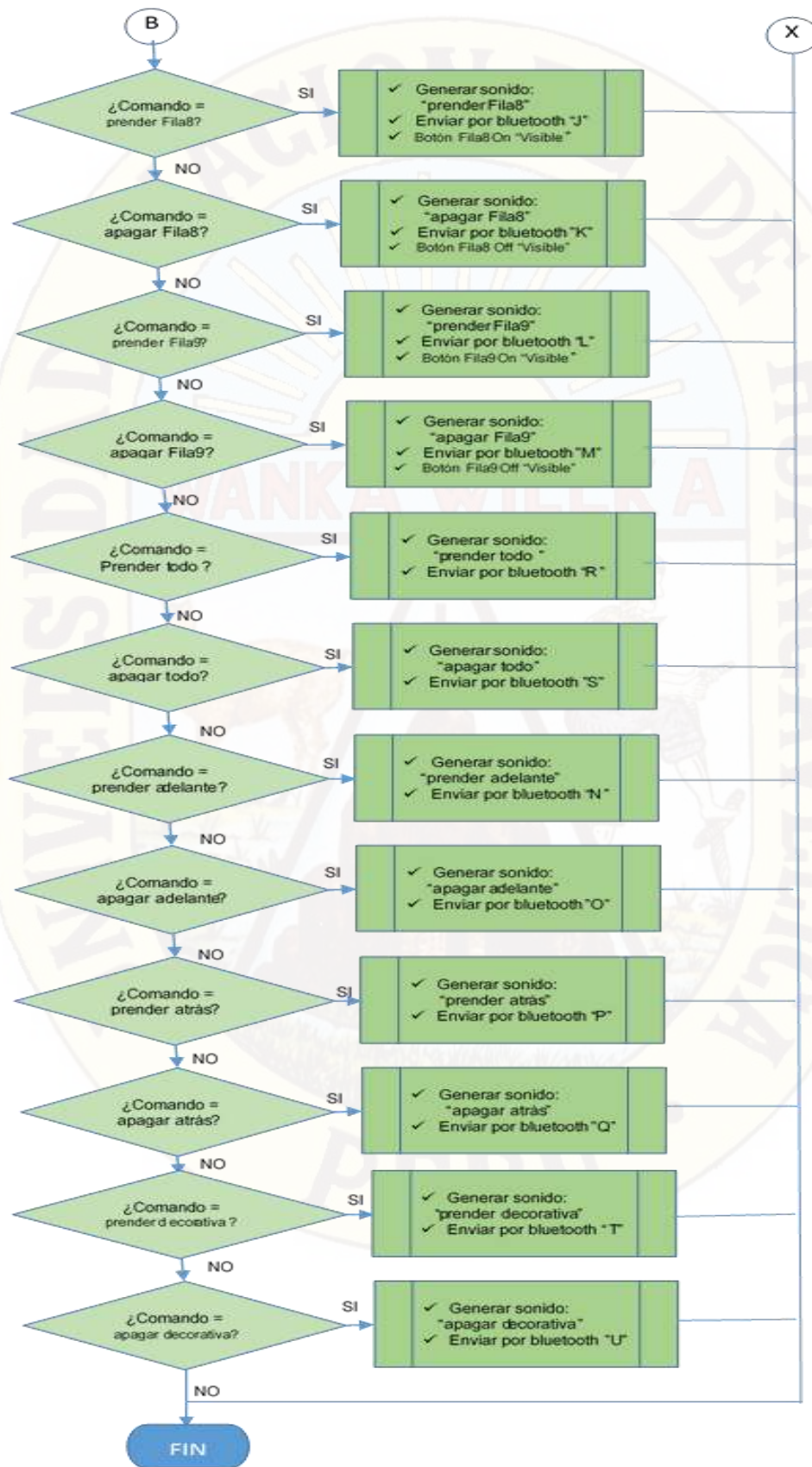
-  Reflector de techo empotrado
- ☒ Luminaria de techo empotrado
-  Interruptor
-  Interruptor regulador
-  Butaca
-  Luminaria decorativa

**Anexo 5. Diagrama de flujo de los bloques de la interface de control de luminarias del paraninfo desarrollado para Android**

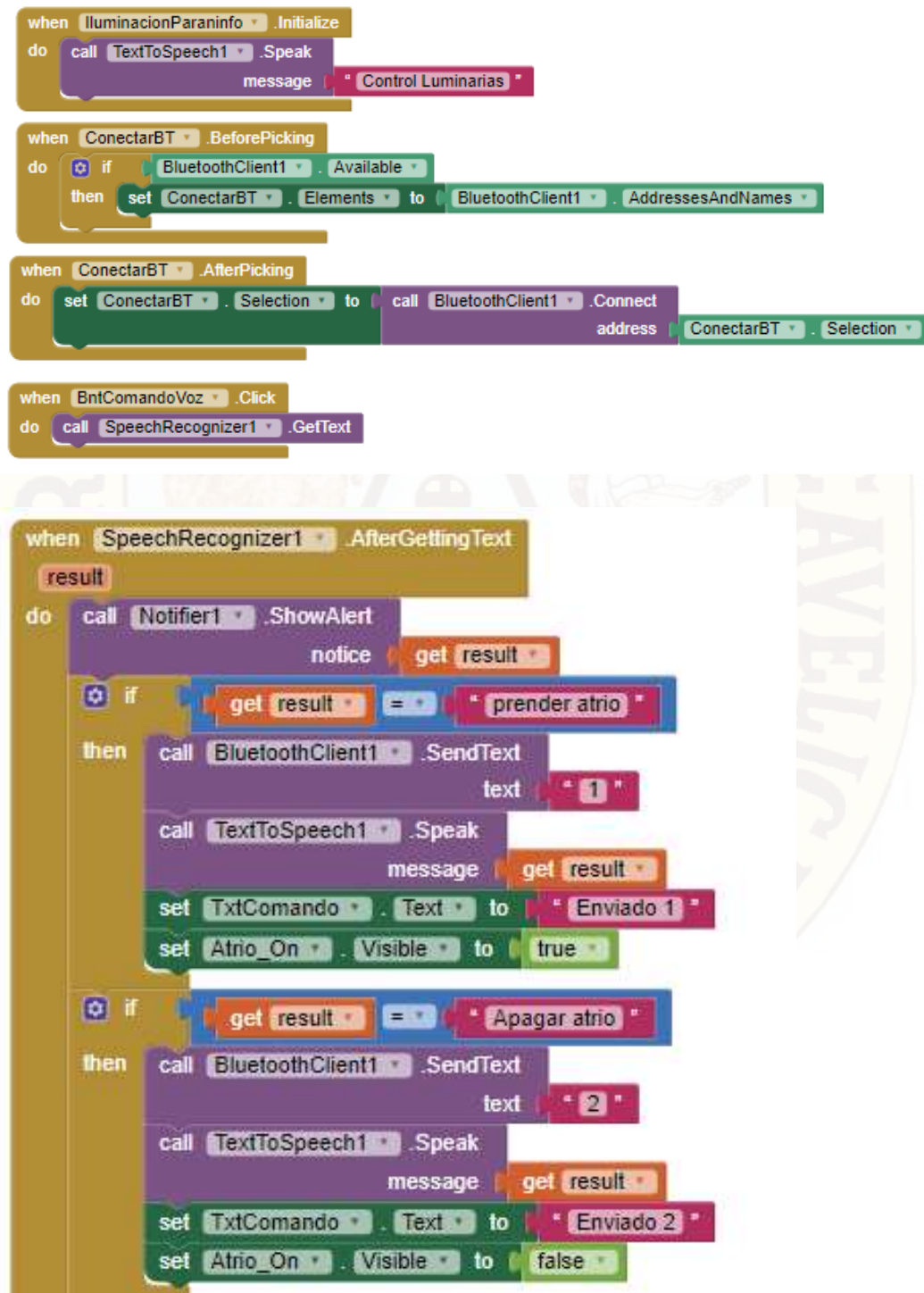




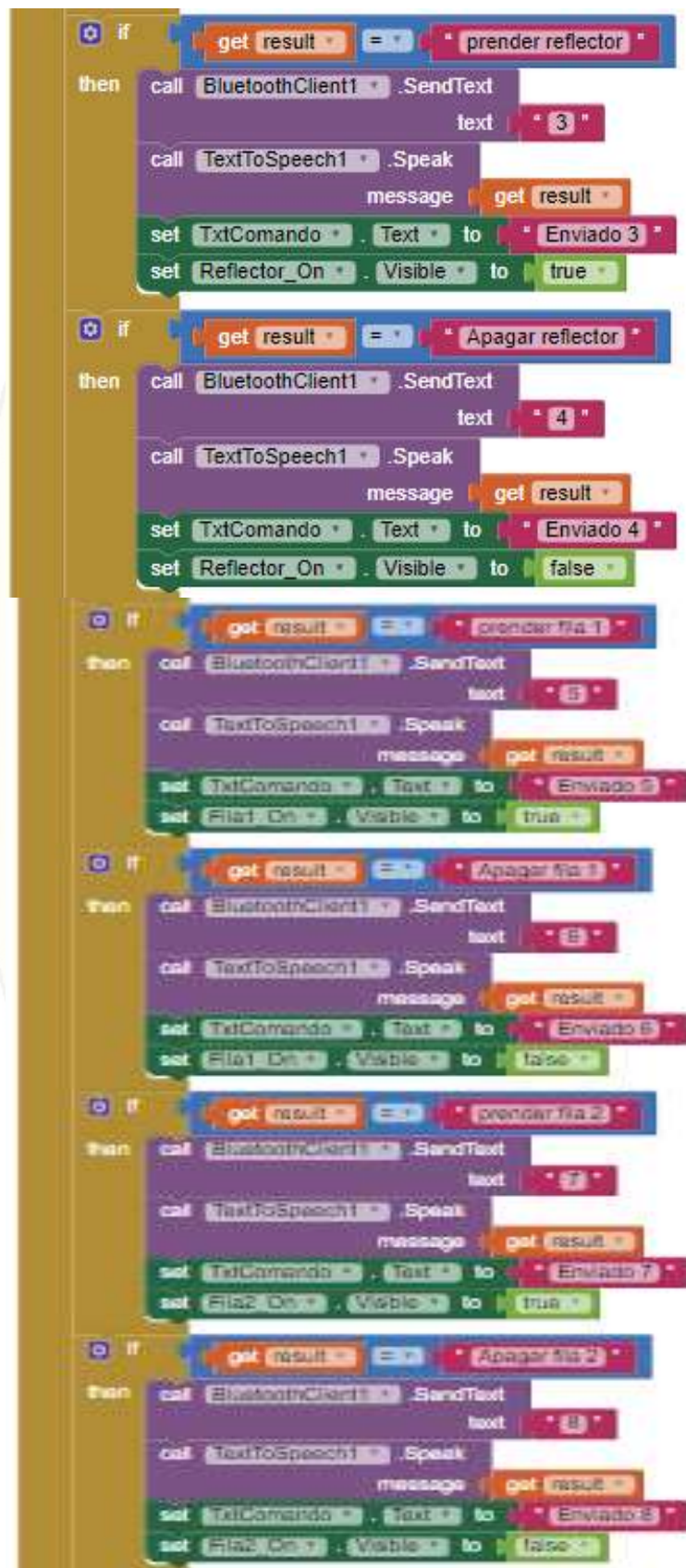




## Anexo 6. Diagrama de bloques de la interface de control de luminarias del paraninfo desarrollado para Android











```

if [get result =?] [ordenar fila 5]
then
  call BluetoothClient1 .SendText
    text [D]
  call TextToSpeech1 .Speak
    message [get result]
  set TextComando .Text to [Enviado D]
  set Fila5-En .Visible to [true]

if [get result =?] [Agregar fila 5]
then
  call BluetoothClient1 .SendText
    text [E]
  call TextToSpeech1 .Speak
    message [get result]
  set TextComando .Text to [Enviado E]
  set Fila5-En .Visible to [false]

if [get result =?] [ordenar fila 6]
then
  call BluetoothClient1 .SendText
    text [F]
  call TextToSpeech1 .Speak
    message [get result]
  set TextComando .Text to [Enviado F]
  set Fila6-En .Visible to [true]

if [get result =?] [Agregar fila 6]
then
  call BluetoothClient1 .SendText
    text [G]
  call TextToSpeech1 .Speak
    message [get result]
  set TextComando .Text to [Enviado G]
  set Fila6-En .Visible to [false]

```













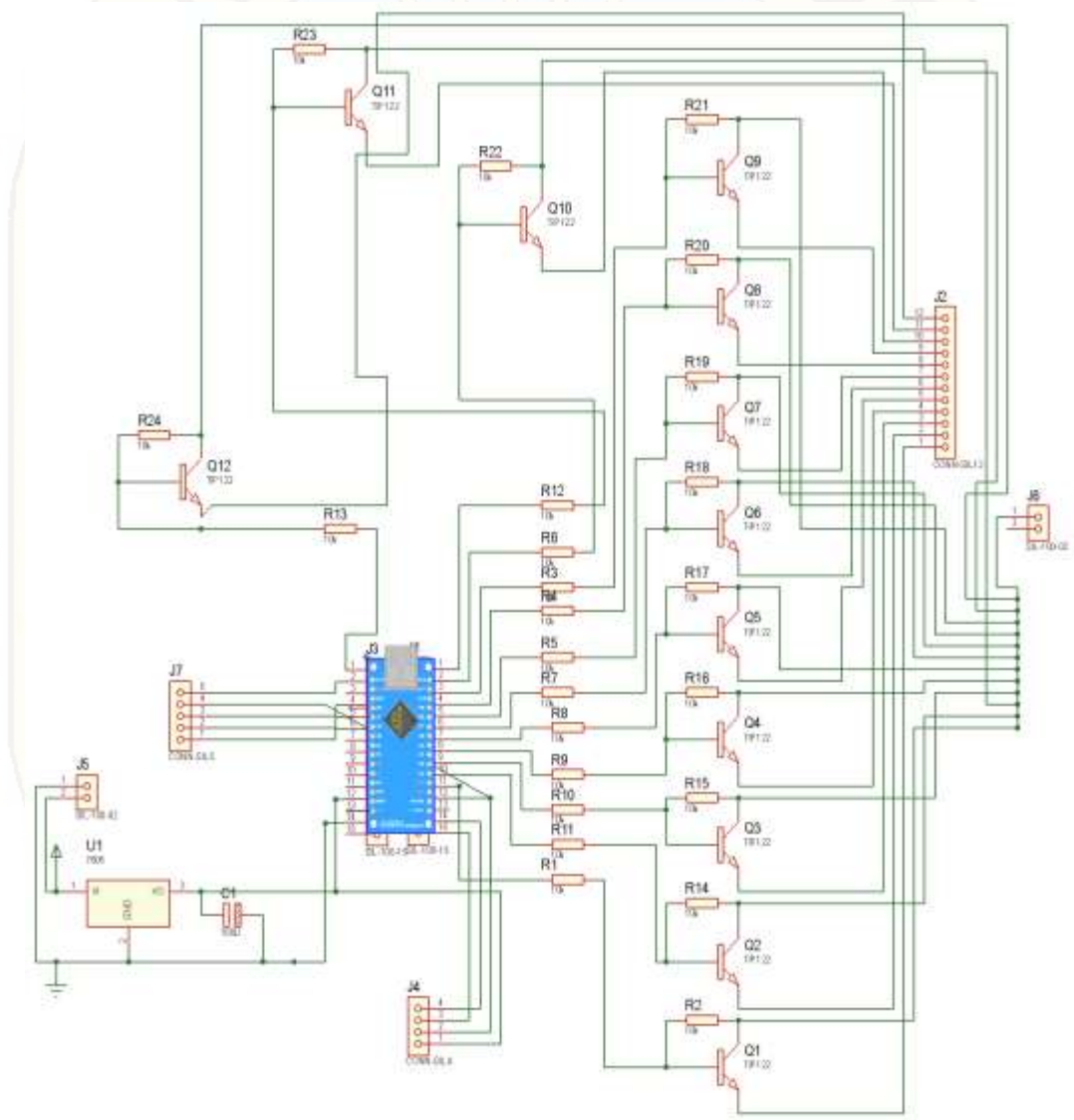








**Anexo 7. Diagrama esquemático general del módulo de comunicación inalámbrico e interface de 5 V a 24 V para PLC.**



## **Anexo 8. Codificación del receptor por Bluetooth de comandos de control por voz**

```
/* *****  
CONTROL DE LUMINARIAS ACTIVADO POR VOZ Y CON MONITOREO POR HMI,  
PARA AUTOMATIZAR LA ILUMINACIÓN EN EL PARANINFO DE LA FIES-UNH  
***** */
```

```
int Salida1= 2; //
```

```
int Salida2= 3; //
```

```
int Salida3= 4; //
```

```
int Salida4= 5; //
```

```
int Salida5= 6; //
```

```
int Prender = HIGH;
```

```
int Apagar = LOW;
```

```
int comando;
```

```
void setup()
```

```
{
```

```
Serial.begin(9600); // Comunicación inalámbrica a 9600 bps
```

```
pinMode(Salida1,OUTPUT);
```

```
pinMode(Salida2,OUTPUT);
```

```
pinMode(Salida3,OUTPUT);
```

```
pinMode(Salida4,OUTPUT);
```

```
pinMode(Salida5,OUTPUT);
```

```
}
```

```
void loop()
```

```
{
```

```

if( Serial.available()) // Verifica validez de puerto de comunicación
{
    comando = Serial.read(); // Lee el comando de voz que esta siendo recibido por el puerto
    serial,
        // conectado al módulo bluetooth y guarda la variable en 'comando'
    Serial.println(comando); // Reenvia el dato que esta siendo recibido

    if( comando == '1') // Si dato enviado desde aplicacion android es '1'
    {
        digitalWrite(Salida1,Prender);
        digitalWrite(Salida2,Apagar);
        digitalWrite(Salida3,Apagar);
        digitalWrite(Salida4,Apagar);
        digitalWrite(Salida5,Apagar);
    }

    if( comando == '2') // Si dato enviado desde aplicacion android es '2'
    {
        digitalWrite(Salida1,Apagar);
        digitalWrite(Salida2,Prender);
        digitalWrite(Salida3,Apagar);
        digitalWrite(Salida4,Apagar);
        digitalWrite(Salida5,Apagar);
    }

    if( comando == '3') // Si dato enviado desde aplicacion android es '3'
    {
        digitalWrite(Salida1,Prender);
        digitalWrite(Salida2,Prender);
        digitalWrite(Salida3,Apagar);
    }
}

```

```
digitalWrite(Salida4,Apagar);
digitalWrite(Salida5,Apagar);
}

if( comando == '4') // Si dato enviado desde aplicacion android es '4'
{
digitalWrite(Salida1,Apagar);
digitalWrite(Salida2,Apagar);
digitalWrite(Salida3,Prender);
digitalWrite(Salida4,Apagar);
digitalWrite(Salida5,Apagar);
}

if( comando == '5') // Si dato enviado desde aplicacion android es '5'
{
digitalWrite(Salida1,Prender);
digitalWrite(Salida2,Apagar);
digitalWrite(Salida3,Prender);
digitalWrite(Salida4,Apagar);
digitalWrite(Salida5,Apagar);
}

if( comando == '6') // Si dato enviado desde aplicacion android es '6'
{
digitalWrite(Salida1,Apagar);
digitalWrite(Salida2,Prender);
digitalWrite(Salida3,Prender);
digitalWrite(Salida4,Apagar);
digitalWrite(Salida5,Apagar);
}
```



```
if( comando == '7') // Si dato enviado desde aplicacion android es '7'
```

```
{  
    digitalWrite(Salida1,Prender);  
    digitalWrite(Salida2,Prender);  
    digitalWrite(Salida3,Prender);  
    digitalWrite(Salida4,Apagar);  
    digitalWrite(Salida5,Apagar);  
}
```

```
if( comando == '8') // Si dato enviado desde aplicacion android es '8'
```

```
{  
    digitalWrite(Salida1,Apagar);  
    digitalWrite(Salida2,Apagar);  
    digitalWrite(Salida3,Apagar);  
    digitalWrite(Salida4,Prender);  
    digitalWrite(Salida5,Apagar);  
}
```

```
if( comando == '9') // Si dato enviado desde aplicacion android es '9'
```

```
{  
    digitalWrite(Salida1,Prender);  
    digitalWrite(Salida2,Apagar);  
    digitalWrite(Salida3,Apagar);  
    digitalWrite(Salida4,Prender);  
    digitalWrite(Salida5,Apagar);  
}
```

```
if( comando == 'A') // Si dato enviado desde aplicacion android es 'A'10
```

```
{  
    digitalWrite(Salida1,Apagar);  
    digitalWrite(Salida2,Prender);  
}
```

```
digitalWrite(Salida3,Apagar);
digitalWrite(Salida4,Prender);
digitalWrite(Salida5,Apagar);
}

if( comando == 'B') // Si dato enviado desde aplicacion android es 'B'11
{
digitalWrite(Salida1,Prender);
digitalWrite(Salida2,Prender);
digitalWrite(Salida3,Apagar);
digitalWrite(Salida4,Prender);
digitalWrite(Salida5,Apagar);
}

if( comando == 'C') // Si dato enviado desde aplicacion android es 'C'12
{
digitalWrite(Salida1,Apagar);
digitalWrite(Salida2,Apagar);
digitalWrite(Salida3,Prender);
digitalWrite(Salida4,Prender);
digitalWrite(Salida5,Apagar);
}

if( comando == 'D') // Si dato enviado desde aplicacion android es 'D'13
{
digitalWrite(Salida1,Prender);
digitalWrite(Salida2,Apagar);
digitalWrite(Salida3,Prender);
digitalWrite(Salida4,Prender);
digitalWrite(Salida5,Apagar);
}
```

```
if( comando == 'E') // Si dato enviado desde aplicacion android es 'E'14
```

```
{  
    digitalWrite(Salida1,Apagar);  
    digitalWrite(Salida2,Prender);  
    digitalWrite(Salida3,Prender);  
    digitalWrite(Salida4,Prender);  
    digitalWrite(Salida5,Apagar);  
}
```

```
if( comando == 'F') // Si dato enviado desde aplicacion android es 'F'15
```

```
{  
    digitalWrite(Salida1,Prender);  
    digitalWrite(Salida2,Prender);  
    digitalWrite(Salida3,Prender);  
    digitalWrite(Salida4,Prender);  
    digitalWrite(Salida5,Apagar);  
}
```

```
if( comando == 'G') // Si dato enviado desde aplicacion android es 'G'16
```

```
{  
    digitalWrite(Salida1,Apagar);  
    digitalWrite(Salida2,Apagar);  
    digitalWrite(Salida3,Apagar);  
    digitalWrite(Salida4,Apagar);  
    digitalWrite(Salida5,Prender);  
}
```

```
if( comando == 'H') // Si dato enviado desde aplicacion android es 'H'17
```

```
{  
    digitalWrite(Salida1,Prender);
```

```
digitalWrite(Salida2,Apagar);
digitalWrite(Salida3,Apagar);
digitalWrite(Salida4,Apagar);
digitalWrite(Salida5,Prender);
}

if( comando == 'I') // Si dato enviado desde aplicacion android es 'I'18
{
    digitalWrite(Salida1,Apagar);
    digitalWrite(Salida2,Prender);
    digitalWrite(Salida3,Apagar);
    digitalWrite(Salida4,Apagar);
    digitalWrite(Salida5,Prender);
}

if( comando == 'J') // Si dato enviado desde aplicacion android es 'J'19
{
    digitalWrite(Salida1,Prender);
    digitalWrite(Salida2,Prender);
    digitalWrite(Salida3,Apagar);
    digitalWrite(Salida4,Apagar);
    digitalWrite(Salida5,Prender);
}

if( comando == 'K') // Si dato enviado desde aplicacion android es 'K'20
{
    digitalWrite(Salida1,Apagar);
    digitalWrite(Salida2,Apagar);
    digitalWrite(Salida3,Prender);
    digitalWrite(Salida4,Apagar);
    digitalWrite(Salida5,Prender);
}
```



```
}

if( comando == 'L' ) // Si dato enviado desde aplicacion android es 'L'21
{
    digitalWrite(Salida1,Prender);
    digitalWrite(Salida2,Apagar);
    digitalWrite(Salida3,Prender);
    digitalWrite(Salida4,Apagar);
    digitalWrite(Salida5,Prender);
}

if( comando == 'M' ) // Si dato enviado desde aplicacion android es 'M'22
{
    digitalWrite(Salida1,Apagar);
    digitalWrite(Salida2,Prender);
    digitalWrite(Salida3,Prender);
    digitalWrite(Salida4,Apagar);
    digitalWrite(Salida5,Prender);
}

if( comando == 'N' ) // Si dato enviado desde aplicacion android es 'N'23
{
    digitalWrite(Salida1,Prender);
    digitalWrite(Salida2,Prender);
    digitalWrite(Salida3,Prender);
    digitalWrite(Salida4,Apagar);
    digitalWrite(Salida5,Prender);
}

if( comando == 'O' ) // Si dato enviado desde aplicacion android es 'O'24
{
```

```
digitalWrite(Salida1,Apagar);
digitalWrite(Salida2,Apagar);
digitalWrite(Salida3,Apagar);
digitalWrite(Salida4,Prender);
digitalWrite(Salida5,Prender);
}

if( comando == 'P') // Si dato enviado desde aplicacion android es 'P'25
{
    digitalWrite(Salida1,Prender);
    digitalWrite(Salida2,Apagar);
    digitalWrite(Salida3,Apagar);
    digitalWrite(Salida4,Prender);
    digitalWrite(Salida5,Prender);
}

if( comando == 'Q') // Si dato enviado desde aplicacion android es 'Q' 26
{
    digitalWrite(Salida1,Apagar);
    digitalWrite(Salida2,Prender);
    digitalWrite(Salida3,Apagar);
    digitalWrite(Salida4,Prender);
    digitalWrite(Salida5,Prender);
}

if( comando == 'R') // Si dato enviado desde aplicacion android es 'R' 27
{
    digitalWrite(Salida1,Prender);
    digitalWrite(Salida2,Prender);
    digitalWrite(Salida3,Apagar);
    digitalWrite(Salida4,Prender);
```

```

        digitalWrite(Salida5,Prender);
    }

    if( comando == 'S') // Si dato enviado desde aplicacion android es 'S'28
    {
        digitalWrite(Salida1,Apagar);
        digitalWrite(Salida2,Apagar);
        digitalWrite(Salida3,Prender);
        digitalWrite(Salida4,Prender);
        digitalWrite(Salida5,Prender);
    }
    if( comando == 'T') // Si dato enviado desde aplicacion android es 'T' 29
    {
        digitalWrite(Salida1,Prender);
        digitalWrite(Salida2,Apagar);
        digitalWrite(Salida3,Prender);
        digitalWrite(Salida4,Prender);
        digitalWrite(Salida5,Prender);
    }

    if( comando == 'U') // Si dato enviado desde aplicacion android es 'U'30
    {
        digitalWrite(Salida1,Apagar);
        digitalWrite(Salida2,Prender);
        digitalWrite(Salida3,Prender);
        digitalWrite(Salida4,Prender);
        digitalWrite(Salida5,Prender);
    }

}
}

```

## Anexo 9. Muestras tomadas de comandos de voz, activación/desactivación de luminarias y estados en HMI

Número de muestra	Activación/desactivación de luminarias por comando de voz		Estado deseado luminaria paraninfo	Estado luminaria paraninfo	¿Estado actual de luminaria es igual a estado deseado por comando de voz?	Estado deseado luminaria HMI	Monitoreo del estado de las luminarias en HMI	¿Estado actual de luminaria en monitor HMI es igual a estado deseado por comando de voz?
	Comando de voz	Luminarias						
1	prender atrio	Atrio	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
2	apagar atrio	Atrio	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
3	prender reflector	Reflector	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
4	apagar reflector	Reflector	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
5	prender fila 1	Fila 1	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
6	apagar fila 1	Fila 1	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
7	prender fila 2	Fila 2	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
8	apagar fila 2	Fila 2	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
9	prender fila 3	Fila 3	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
10	apagar fila 3	Fila 3	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
11	prender fila 4	Fila 4	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
12	apagar fila 4	Fila 4	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
13	prender fila 5	Fila 5	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
14	apagar fila 5	Fila 5	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
15	prender fila 6	Fila 6	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
16	apagar fila seis	Fila 6	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
17	prender fila 7	Fila 7	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
18	apagar fila siete	Fila 7	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
19	prender fila 8	Fila 8	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
20	apagar fila 8	Fila 8	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
21	prender fila 9	Fila 9	Prendido	Apagado	NO	Apagado	Apagado	SI
22	apagar fila 9	Fila 9	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
23	prender adelante	Cuadrante 1	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
24	apagar adelante	Cuadrante 1	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
25	prender atrás	Cuadrante 2	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
26	apagar atrás	Cuadrante 2	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
27	prender todo	Atrio, Reflector, Cuadrante 1 y Cuadrante 2	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
28	apagar todo	Atrio, Reflector, Cuadrante 1 y Cuadrante 2	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
29	prender decorativo	Luz noche	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
30	apagar decorativo	Luz noche	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
31	prender atrio	atrio	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
32	prender reflector	Reflector	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
33	prender fila 1	fila 1	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
34	prender fila 2	fila 2	Prendido	Apagado	NO	Apagado	Prendido	NO
35	prender fila 3	fila 3	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
36	prender fila 4	fila 4	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
37	prender fila 5	fila 5	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
38	prender fila 6	fila 6	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
39	prender fila 7	fila 7	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI



40	prender fila 8	fila 8	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
41	prender fila 9	fila 9	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
42	prender decorativo	Luz noche	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
43	apagar atrio	atrio	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
44	apagar reflector	Reflector	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
45	apagar fila 1	fila 1	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
46	apagar fila 2	fila 2	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
47	apagar fila 3	fila 3	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
48	apagar fila 4	fila 4	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
49	apagar fila 5	fila 5	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
50	apagar fila seis	fila 6	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
51	apagar fila siete	fila 7	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
52	apagar fila 8	fila 8	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
53	apagar fila 9	fila 9	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
54	apagar decorativo	Luz noche	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
55	prender atrio	Atrio	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
56	apagar atrio	Atrio	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
57	prender reflector	Reflector	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
58	apagar reflector	Reflector	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
59	prender fila 1	Fila 1	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
60	apagar fila 1	Fila 1	Apagado	Prendido	NO	Prendido	Prendido	SI
61	prender fila 2	Fila 2	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
62	apagar fila 2	Fila 2	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
63	prender fila 3	Fila 3	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
64	apagar fila 3	Fila 3	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
65	prender fila 4	Fila 4	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Apagado	NO
66	apagar fila 4	Fila 4	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
67	prender fila 5	Fila 5	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
68	apagar fila 5	Fila 5	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
69	prender fila 6	Fila 6	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
70	apagar fila seis	Fila 6	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
71	prender fila 7	Fila 7	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
72	apagar fila siete	Fila 7	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
73	prender fila 8	Fila 8	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
74	apagar fila 8	Fila 8	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
75	prender fila 9	Fila 9	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
76	apagar fila 9	Fila 9	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
77	prender adelante	Cuadrante 1	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
78	apagar adelante	Cuadrante 1	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
79	prender atrás	Cuadrante 2	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
80	apagar atrás	Cuadrante 2	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
81	prender todo	Atrio, Reflector, Cuadrante 1 y Cuadrante 2	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
82	apagar todo	Atrio, Reflector, Cuadrante 1 y Cuadrante 2	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
83	prender decorativo	Luz noche	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
84	apagar decorativo	Luz noche	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
85	prender atrio	atrio	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
86	prender reflector	Reflector	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
87	prender fila 1	fila 1	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
88	prender fila 2	fila 2	Prendido	Apagado	NO	Apagado	Apagado	SI
89	prender fila 3	fila 3	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
90	prender fila 4	fila 4	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
91	prender fila 5	fila 5	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
92	prender fila 6	fila 6	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
93	prender fila 7	fila 7	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI

94	prender fila 8	fila 8	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
95	prender fila 9	fila 9	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
96	prender decorativo	Luz noche	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
97	apagar atrio	atrio	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
98	apagar reflector	Reflector	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
99	apagar fila 1	fila 1	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
100	apagar fila 2	fila 2	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
101	apagar fila 3	fila 3	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
102	apagar fila 4	fila 4	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
103	apagar fila 5	fila 5	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
104	apagar fila seis	fila 6	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
105	apagar fila siete	fila 7	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
106	apagar fila 8	fila 8	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
107	apagar fila 9	fila 9	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
108	apagar decorativo	Luz noche	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
109	prender atrio	Atrio	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
110	apagar atrio	Atrio	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
111	prender reflector	Reflector	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
112	apagar reflector	Reflector	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
113	prender fila 1	Fila 1	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
114	apagar fila 1	Fila 1	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
115	prender fila 2	Fila 2	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
116	apagar fila 2	Fila 2	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
117	prender fila 3	Fila 3	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
118	apagar fila 3	Fila 3	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
119	prender fila 4	Fila 4	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
120	apagar fila 4	Fila 4	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
121	prender fila 5	Fila 5	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
122	apagar fila 5	Fila 5	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
123	prender fila 6	Fila 6	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
124	apagar fila seis	Fila 6	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
125	prender fila 7	Fila 7	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
126	apagar fila siete	Fila 7	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
127	prender fila 8	Fila 8	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
128	apagar fila 8	Fila 8	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
129	prender fila 9	Fila 9	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
130	apagar fila 9	Fila 9	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
131	prender adelante	Cuadrante 1	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
132	apagar adelante	Cuadrante 1	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
133	prender atrás	Cuadrante 2	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
134	apagar atrás	Cuadrante 2	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
135	prender todo	Atrio, Reflector, Cuadrante 1 y Cuadrante 2	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
136	apagar todo	Atrio, Reflector, Cuadrante 1 y Cuadrante 2	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
137	prender decorativo	Luz noche	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
138	apagar decorativo	Luz noche	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
139	prender atrio	atrio	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
140	prender reflector	Reflector	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
141	prender fila 1	fila 1	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
142	prender fila 2	fila 2	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
143	prender fila 3	fila 3	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
144	prender fila 4	fila 4	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
145	prender fila 5	fila 5	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
146	prender fila 6	fila 6	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
147	prender fila 7	fila 7	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI

148	prender fila 8	fila 8	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
149	prender fila 9	fila 9	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
150	prender decorativo	Luz noche	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
151	apagar atrio	atrio	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
152	apagar reflector	Reflector	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
153	apagar fila 1	fila 1	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
154	apagar fila 2	fila 2	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
155	apagar fila 3	fila 3	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
156	apagar fila 4	fila 4	Apagado	Prendido	NO	Prendido	Prendido	SI
157	apagar fila 5	fila 5	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
158	apagar fila seis	fila 6	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
159	apagar fila siete	fila 7	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
160	apagar fila 8	fila 8	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
161	apagar fila 9	fila 9	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
162	apagar decorativo	Luz noche	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
163	prender atrio	Atrio	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
164	apagar atrio	Atrio	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
165	prender reflector	Reflector	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
166	apagar reflector	Reflector	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
167	prender fila 1	Fila 1	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
168	apagar fila 1	Fila 1	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
169	prender fila 2	Fila 2	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
170	apagar fila 2	Fila 2	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
171	prender fila 3	Fila 3	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
172	apagar fila 3	Fila 3	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
173	prender fila 4	Fila 4	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
174	apagar fila 4	Fila 4	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
175	prender fila 5	Fila 5	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
176	apagar fila 5	Fila 5	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
177	prender fila 6	Fila 6	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
178	apagar fila seis	Fila 6	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
179	prender fila 7	Fila 7	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
180	apagar fila siete	Fila 7	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
181	prender fila 8	Fila 8	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
182	apagar fila 8	Fila 8	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
183	prender fila 9	Fila 9	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
184	apagar fila 9	Fila 9	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
185	prender adelante	Cuadrante 1	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
186	apagar adelante	Cuadrante 1	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
187	prender atrás	Cuadrante 2	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
188	apagar atrás	Cuadrante 2	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
189	prender todo	Atrio, Reflector, Cuadrante 1 y Cuadrante 2	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
190	apagar todo	Atrio, Reflector, Cuadrante 1 y Cuadrante 2	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
191	prender decorativo	Luz noche	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
192	apagar decorativo	Luz noche	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
193	prender atrio	atrio	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
194	prender reflector	Reflector	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
195	prender fila 1	fila 1	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
196	prender fila 2	fila 2	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
197	prender fila 3	fila 3	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
198	prender fila 4	fila 4	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
199	prender fila 5	fila 5	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
200	prender fila 6	fila 6	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
201	prender fila 7	fila 7	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI



202	prender fila 8	fila 8	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
203	prender fila 9	fila 9	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
204	prender decorativo	Luz noche	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
205	apagar atrio	atrio	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
206	apagar reflector	Reflector	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
207	apagar fila 1	fila 1	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
208	apagar fila 2	fila 2	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
209	apagar fila 3	fila 3	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
210	apagar fila 4	fila 4	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
211	apagar fila 5	fila 5	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
212	apagar fila seis	fila 6	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
213	apagar fila siete	fila 7	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
214	apagar fila 8	fila 8	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
215	apagar fila 9	fila 9	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
216	apagar decorativo	Luz noche	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
217	apagar fila 3	fila 3	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
218	apagar fila 4	fila 4	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
219	apagar fila 5	fila 5	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
220	apagar fila seis	fila 6	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
221	apagar fila siete	fila 7	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
222	apagar fila 8	fila 8	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
223	apagar fila 9	fila 9	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
224	apagar decorativo	Luz noche	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
225	prender atrio	Atrio	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
226	apagar atrio	Atrio	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
227	prender reflector	Reflector	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
228	apagar reflector	Reflector	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
229	prender fila 1	Fila 1	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
230	apagar fila 1	Fila 1	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
231	prender fila 2	Fila 2	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
232	apagar fila 2	Fila 2	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
233	prender fila 3	Fila 3	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
234	apagar fila 3	Fila 3	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
235	prender fila 4	Fila 4	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
236	apagar fila 4	Fila 4	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
237	prender fila 5	Fila 5	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
238	apagar fila 5	Fila 5	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
239	prender fila 6	Fila 6	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
240	apagar fila seis	Fila 6	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
241	prender fila 7	Fila 7	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
242	apagar fila siete	Fila 7	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
243	prender fila 8	Fila 8	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
244	apagar fila 8	Fila 8	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
245	prender fila 9	Fila 9	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
246	apagar fila 9	Fila 9	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
247	prender adelante	Cuadrante 1	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
248	apagar adelante	Cuadrante 1	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
249	prender atrás	Cuadrante 2	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
250	apagar atrás	Cuadrante 2	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
251	prender todo	Atrio, Reflector, Cuadrante 1 y Cuadrante 2	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
252	apagar todo	Atrio, Reflector, Cuadrante 1 y Cuadrante 2	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
253	prender decorativo	Luz noche	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
254	apagar decorativo	Luz noche	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
255	prender atrio	atrio	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI



256	prender reflector	Reflector	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
257	prender fila 1	fila 1	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
258	prender fila 2	fila 2	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
259	prender fila 3	fila 3	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
260	prender fila 4	fila 4	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
261	prender fila 5	fila 5	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
262	prender fila 6	fila 6	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
263	prender fila 7	fila 7	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
264	prender fila 8	fila 8	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
265	prender fila 9	fila 9	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
266	prender decorativo	Luz noche	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
267	apagar atrio	atrio	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
268	apagar reflector	Reflector	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
269	apagar fila 1	fila 1	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
270	apagar fila 2	fila 2	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
271	apagar fila 3	fila 3	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Prendido	NO
272	apagar fila 4	fila 4	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
273	apagar fila 5	fila 5	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
274	apagar fila seis	fila 6	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
275	apagar fila siete	fila 7	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
276	apagar fila 8	fila 8	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
277	apagar fila 9	fila 9	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
278	apagar decorativo	Luz noche	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
279	prender atrio	Atrio	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
280	apagar atrio	Atrio	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
281	prender reflector	Reflector	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
282	apagar reflector	Reflector	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
283	prender fila 1	Fila 1	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
284	apagar fila 1	Fila 1	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
285	prender fila 2	Fila 2	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
286	apagar fila 2	Fila 2	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
287	prender fila 3	Fila 3	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
288	apagar fila 3	Fila 3	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
289	prender fila 4	Fila 4	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
290	apagar fila 4	Fila 4	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
291	prender fila 5	Fila 5	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
292	apagar fila 5	Fila 5	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
293	prender fila 6	Fila 6	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
294	apagar fila seis	Fila 6	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
295	prender fila 7	Fila 7	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
296	apagar fila siete	Fila 7	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
297	prender fila 8	Fila 8	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
298	apagar fila 8	Fila 8	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
299	prender fila 9	Fila 9	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
300	apagar fila 9	Fila 9	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
301	prender adelante	Cuadrante 1	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
302	apagar adelante	Cuadrante 1	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
303	prender atrás	Cuadrante 2	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
304	apagar atrás	Cuadrante 2	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
305	prender todo	Atrio, Reflector, Cuadrante 1 y Cuadrante 2	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
306	apagar todo	Atrio, Reflector, Cuadrante 1 y Cuadrante 2	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
307	prender decorativo	Luz noche	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
308	apagar decorativo	Luz noche	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
309	prender atrio	atrio	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI

310	prender reflector	Reflector	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
311	prender fila 1	fila 1	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
312	prender fila 2	fila 2	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
313	prender fila 3	fila 3	Prendido	Apagado	NO	Apagado	Apagado	SI
314	prender fila 4	fila 4	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
315	prender fila 5	fila 5	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
316	prender fila 6	fila 6	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
317	prender fila 7	fila 7	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
318	prender fila 8	fila 8	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
319	prender fila 9	fila 9	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
320	prender decorativo	Luz noche	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
321	apagar atrio	atrio	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
322	apagar reflector	Reflector	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
323	apagar fila 1	fila 1	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
324	apagar fila 2	fila 2	Apagado	Prendido	NO	Prendido	Prendido	SI
325	apagar fila 3	fila 3	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
326	apagar fila 4	fila 4	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
327	apagar fila 5	fila 5	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
328	apagar fila seis	fila 6	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
329	apagar fila siete	fila 7	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
330	apagar fila 8	fila 8	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
331	apagar fila 9	fila 9	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
332	apagar decorativo	Luz noche	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
333	prender atrio	atrio	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
334	prender reflector	Reflector	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
335	prender fila 1	fila 1	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
336	prender fila 2	fila 2	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
337	prender fila 3	fila 3	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
338	prender fila 4	fila 4	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
339	prender fila 5	fila 5	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
340	prender fila 6	fila 6	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
341	prender fila 7	fila 7	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
342	prender fila 8	fila 8	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
343	prender fila 9	fila 9	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
344	prender decorativo	Luz noche	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
345	apagar atrio	atrio	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
346	apagar reflector	Reflector	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
347	apagar fila 1	fila 1	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
348	apagar fila 2	fila 2	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
349	apagar fila 3	fila 3	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
350	apagar fila 4	fila 4	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
351	apagar fila 5	fila 5	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
352	apagar fila seis	fila 6	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
353	apagar fila siete	fila 7	Apagado	Prendido	NO	Prendido	Prendido	SI
354	apagar fila 8	fila 8	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
355	apagar fila 9	fila 9	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
356	apagar decorativo	Luz noche	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
357	prender atrio	atrio	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
358	prender reflector	Reflector	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
359	prender fila 1	fila 1	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
360	prender fila 2	fila 2	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
361	prender fila 3	fila 3	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
362	prender fila 4	fila 4	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
363	prender fila 5	fila 5	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
364	prender fila 6	fila 6	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
365	prender fila 7	fila 7	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
366	prender fila 8	fila 8	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
367	prender fila 9	fila 9	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
368	prender decorativo	Luz noche	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
369	apagar atrio	atrio	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
370	apagar reflector	Reflector	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI

371	apagar fila 1	fila 1	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
372	apagar fila 2	fila 2	Apagado	Prendido	NO	Prendido	Prendido	SI
373	apagar fila 3	fila 3	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
374	apagar fila 4	fila 4	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
375	apagar fila 5	fila 5	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
376	apagar fila seis	fila 6	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
377	apagar fila siete	fila 7	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
378	apagar fila 8	fila 8	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
379	apagar fila 9	fila 9	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
380	apagar decorativo	Luz noche	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
381	prender adelante	Cuadrante 1	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
382	apagar adelante	Cuadrante 1	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI
383	prender atrás	Cuadrante 2	Prendido	Prendido	SI	Prendido	Prendido	SI
384	apagar atrás	Cuadrante 2	Apagado	Apagado	SI	Apagado	Apagado	SI





## Anexo 10. Galería de fotos



Foto 10.1. Pantalla principal de HMI.



Foto 10.2. Monitoreo por HMI de estado de luminarias del paraninfo de la FIES.





**Foto 10.3.** Sistema de control de luminarias activado por voz y con monitoreo por HMI de estado de luminarias del paraninfo de la FIES.

# **SISTEMA DE CONTROL DE LUMINARIAS ACTIVADO POR VOZ Y CON MONITOREO POR HMI, PARA AUTOMATIZAR LA ILUMINACIÓN EN EL PARANINFO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA – SISTEMAS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAMELICA**

## **PRESENTADO POR:**

BACH. ING. LIDSKI YOSEF ESPINOZA TRUCIOS

BACH. ING. ABEL GERSON ZARATE CÁCERES

Universidad Nacional de Huancavelica Facultad de Ingeniería Electrónica – Sistemas,  
Escuela Académico Profesional de Electrónica

## **RESUMEN**

El paraninfo de la Facultad de Ingeniería Electrónica- Sistemas (FIES) no cuenta con un sistema que automatice la iluminación en función a la necesidad de usuarios. Hoy en día la tecnología permite a auditorios y paraninfos como éste, brindar servicios de mayor calidad desde sus instalaciones, seguridad, comodidad y comunicaciones. Es por eso que este proyecto incorpora un sistema capaz de automatizar la iluminación en el paraninfo de la FIES-UNH ofreciendo confort visual. Se plantea como objetivo: Diseñar e implementar el sistema de control por comandos de voz e interface HMI que automatice el proceso de activación y desactivación de las luminarias del paraninfo de la Facultad de Ingeniería Electrónica - Sistemas de la Universidad Nacional de Huancavelica. El método empleado es el científico, como método particular se usó el experimental que utilizó como procesos lógicos la inducción y la deducción, permitiendo evidenciar la automatización efectiva del proceso de activación y desactivación de las luminarias del paraninfo de la Facultad de Ingeniería Electrónica - Sistemas. Como resultado se implementó un prototipo del sistema de control de luminarias activado por voz y con monitoreo por HMI, se estableció que el controlador por comandos de voz y comunicación inalámbrica por Bluetooth integrado con un controlador lógico programable S7 1200 permitió controlar el proceso de activación y desactivación efectiva de luminarias. En conclusión: el módulo de reconocimiento de voz identifica 30 comandos con la aplicación desarrollado en Android y App Inventor 2, la interface hombre maquina (HMI) KTP 600 con PLC S7 1200 y comunicación PROFINET,

monitorea adecuadamente el estado de las luminarias del paraninfo, el sistema de control por comandos de voz tiene una eficacia del 97.66 % para la activación y desactivación de las luminarias y la interface HMI, para el monitoreo del estado de las luminarias tiene una eficacia del 99.22 %. Por lo que el sistema de control por comandos de voz e interface HMI, automatiza adecuadamente el proceso de activación y desactivación de las luminarias del paraninfo de la Facultad de Ingeniería Electrónica - Sistemas de la Universidad Nacional de Huancavelica.

**Palabras clave:** Control voz, PLC, iluminación de auditorio, interface hombre máquina.

## INTRODUCCIÓN

El paraninfo de la FIES-UNH, tiene capacidad para 200 personas, cuenta con 32 luminarias de salón, 02 luminarias de atrio, 02 reflectores para atrio y 10 luces decorativas, cuyas llaves e interruptores se encuentran ubicados en la sala de control en el segundo nivel del paraninfo a una distancia de 30 metros del atrio. El control de iluminación del paraninfo es manual, toda vez que fue diseñado e implementado con cableado de red eléctrica tradicional, dependiendo la activación y desactivación de las luminarias exclusivamente de un personal de vigilancia de turno. En la actualidad con la tecnología existente es necesario automatizar este proceso. Este trabajo de investigación parte de la hipótesis: el sistema de control por comandos de voz e interface HMI, automatiza el proceso de activación y desactivación de las luminarias del paraninfo de la Facultad de Ingeniería Electrónica - Sistemas de la Universidad Nacional de Huancavelica. Se obtuvo como resultado un controlador por comandos de voz y comunicación inalámbrica, capaz de controlar el proceso de activación y

Desactivación de las luminarias y monitorear el estado de las luminarias desde la interface HMI.

## MATERIALES Y MÉTODOS

En el desarrollo de este trabajo se ha utilizado diversos materiales industriales entre los que más resaltan: los datos del PLC S7 1200, Modulo de reconocimiento de voz desarrollado en APP Inventor 2, (HMI) KTP600 con comunicación Profinet. Para el monitoreo y adquisición de datos del proceso, el programa APP Inventor 2 para registrar y procesar los datos obtenidos, computadora portátil de buenas prestaciones para soportar el desarrollo y visualización del encendido, apagado del estado de las luminarias e interface HMI con el Usuario. Se empleó el método experimental que permitieron evidenciar la automatización efectiva del proceso de activación y desactivación de luminarias.



## RESULTADOS

El propósito de la investigación fue obtener un prototipo del sistema de control de luminarias activado por voz y con monitoreo por HMI. El sistema diseñado e implementado es controlado por comandos de voz, desde una aplicación desarrollada en la plataforma de Android, que es capaz de reconocer los comandos de voz y enviar el seudónimo de comando de voz (código equivalente a comando) al módulo de comunicación inalámbrico integrado al PLC S7 1200 por medio de comunicación inalámbrica por Bluetooth

## DISCUSIÓN

El trabajo de investigación se orientó a la automatización del proceso de activación/desactivación de luminarias, empleando comandos de voz y el monitoreo por pantalla HMI. Una vez diseñado e implementado se procedió con las pruebas de funcionamiento respectivos tanto de la activación/desactivación de las luminarias como de su monitoreo en la pantalla KTP 600 de Siemens, para demostrar la fiabilidad de funcionamiento se plantea las hipótesis de trabajo que a su vez permitieron demostrar las

Hipótesis de investigación. Para esto se prueba las hipótesis, al hacer las pruebas se encuentra que el sistema de control por comandos de voz tiene una eficacia del 97.66 % para la activación y desactivación de las luminarias y la interface HMI, para el monitoreo del estado de las luminarias tiene una eficacia del 99.22 %.

## CONCLUSIÓN

El módulo de reconocimiento de voz identifica 30 comandos con la aplicación desarrollado en Android y App Inventor 2, la interface hombre maquina (HMI) KTP 600 con PLC S7 1200 y comunicación PROFINET, monitorea adecuadamente el estado de las luminarias del paraninfo, el sistema de control por comandos de voz tiene una eficacia del 97.66 % para la activación y desactivación de las luminarias y la interface HMI, para el monitoreo del estado de las luminarias tiene una eficacia del 99.22 %. Por lo que el sistema de control por comandos de voz e interface HMI, automatiza adecuadamente el proceso de activación y desactivación de las luminarias del paraninfo de la Facultad de Ingeniería

Electrónica - Sistemas de la Universidad Nacional de Huancavelica.

Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador; 2011.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- [8]. Panta J. Control domótico por voz [Proyecto final de carrera para optar el título de ingeniero en informática de sistemas]. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática, Universidad Politécnica de Valencia. España; 2012.
- [9]. Barrera M, Londoño N. Análisis y diseño de un prototipo de sistema domótico [Artículo Científico]. Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia. Colombia; 2013.
- [10]. García J, Ortiz C. Automatización del auditorio N° 2 de la ESIME [Trabajo para optar el título profesional de ingeniero en control y automatización]. Escuela Superior Tecnológica de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Instituto Politécnico Nacional. México; 2010.
- [11]. Rea E, Pinos L. Control de componentes eléctricos y electrónicos por medio de comandos de voz [Tesis previa a la obtención del título de: ingeniero electrónico con mención en sistemas computacionales]. Facultad de Ingenierías, Universidad Politécnica Salesiana. Ecuador; 2011.
- [12]. Capel S. Reconocimiento del habla [Internet]. [Citado el 27 de febrero de 2015] Disponible en: [http://es.wikipedia.org/wiki/Reconocimiento\\_del\\_habla](http://es.wikipedia.org/wiki/Reconocimiento_del_habla).
- [13]. Rederjo JL. Uso de App Inventor [Internet]. [Citado el 27 de febrero de 2015] Disponible en: <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/en/software/programacion/1090-uso-de-appinventor-en-la-asignatura-de-tecnologias-de-la-comunicacion-y-la-informacion>.

