



ESCUELA DE ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES

MODALIDAD PRESENCIAL

ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS DISPONIBLES PARA EL
CONTROL LUMÍNICO EFICIENTE

PROYECTO DE FIN DE CARRERA PREVIA A LA OBTENCION AL TITULO DE
INGENIERIA EN ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES

AUTORES:

- Armijos Peña José Andrés
- Buri Castillo Santiago Israel

DIRECTOR: Ing. Castro Raúl

Loja Septiembre de 2009

CERTIFICACIÓN

Ingeniero

José Raúl Castro

DIRECTOR DE PROYECTO DE FIN DE CARRERA

CERTIFICA:

Que el presente Proyecto de Fin de Carrera, previo a la obtención del título de INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES, ha sido dirigido y revisado en todas sus partes, por lo mismo, cumple con los requisitos legales exigidos por la Universidad Técnica Particular de Loja, quedando autorizada su presentación.

Loja, 16 de Septiembre de 2009.

Ing. José Raúl Castro

CESIÓN DE DERECHOS

José Andrés Armijos Peña y Santiago Israel Buri Castillo, declaramos ser los autores del presente trabajo y eximimos expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Adicionalmente declaramos conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que su parte pertinente textualmente dice: ***“Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”.***

José Andrés Armijos Peña

Santiago Israel Buri Castillo

AUTORÍA

Las observaciones, análisis, conclusiones y recomendaciones emitidas en el presente proyecto son de absoluta responsabilidad de los autores.

José Andrés Armijos Peña

Santiago Israel Buri Castillo

INTRODUCCIÓN

El despilfarro energético de la sociedad actual está originando graves consecuencias sobre el medio ambiente. A la fuerte explotación de los recursos naturales, se suman las consecuencias de la contaminación atmosférica que deriva en el cambio climático. Por esta razón, desde hace algunas décadas los países de mundo y en especial los países desarrollados, han empezado a preocuparse por el futuro cada vez menos prometedor que nos espera. El tema medio ambiental ha pasado de ser un mero discurso diplomático a ser la mayor preocupación con la que todos los trabajos de explotación de recursos y desarrollo de tecnologías están siendo elaborados.

Es por tanto imprescindible que todas las decisiones tomadas tengan en cuenta, el apropiado manejo de los recursos naturales así como el uso eficiente de la energía, que permita una menor contaminación del medio ambiente, así como el desarrollo sostenible de los pueblos, mediante el ahorro económico que esto representa.

El presente trabajo se centra en al apropiado control de uno de los usos finales que se le da a la energía: la iluminación artificial. La utilización de sistemas que conjugan la iluminación natural con la artificial es una de las estrategias más eficaces para el ahorro de energía. Así por ejemplo, si se utiliza un sistema de iluminación suplementaria artificial para interiores, junto con luminarias de alto rendimiento y controladas se puede disminuir notablemente los niveles de consumo de energía eléctrica.

La iluminación en edificios modernos es más que un requisito básico, puede desempeñar un papel importante en el diseño arquitectónico y en el rendimiento energético del edificio, para no mencionar la salud, seguridad, bienestar, confort de los ocupantes, la modularidad de los espacios y equipos, y la posibilidad de dar un mayor ciclo de vida al edificio.

En la actualidad, son muchas las empresas y usuarios finales que integran sus instalaciones a estándares tecnológicos para su automatización y control. Los fabricantes ofrecen un sinnúmero de productos, con funciones y aplicaciones cada vez más novedosos; la competencia en el mercado ha dado pie a que las tecnologías avancen a pasos agigantados. Por supuesto, las soluciones son todas factibles, pero resulta necesario conocer las opciones para elegir la adecuada en cada aplicación.

La realización de este proyecto comienza haciendo un acercamiento a la Eficiencia Energética como punto de partida, pasando por un eslabón muy importante a este respecto, los Edificios Inteligentes, para llegar a los sistemas de control que permiten controlar y automatizar los sistemas de iluminación. Se analizan y comparan cuatro tecnologías: X-10, famosa por su técnica PLC de característica Plug&Play; EIB/KNX y LCN, que son tecnologías basadas en bus y Z-Wave que es una tecnología inalámbrica. Finalmente se trata un ejemplo de aplicación, en el que se simulan algunos escenarios para representar el trabajo que desempeña un sistema de control lumínico.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Analizar las Diferentes Tecnologías Disponibles para el Control Lumínico Eficiente

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Realizar la investigación base sobre las Tecnologías para el Control Lumínico Eficiente.
2. Formular una metodología de comparación de Tecnologías para el Control Lumínico Eficiente.
3. Efectuar pruebas de las tecnologías tratadas.
4. Analizar los resultados obtenidos.

DEDICATORIA

Le dedico este trabajo a mi padre, un hombre libre y de buenas costumbres a quien admiro cada día más, por su entrega desinteresada hacia quienes más lo necesitan. Gracias por guiarme por los intrincados caminos de la vida, enseñándome a dar todo de mí sin esperar recibir nada a cambio. Eres mi luz y mi guía, mi alma y corazón, mi entera inspiración. A mi madre por su constancia, responsabilidad y cariño vitales en mi formación. Así mismo no puedo dejar de lado a mi familia entera quienes de alguna u otra forma siempre me han apoyado para ser una mejor persona, un hombre de bien. Sé que ellos esperan mucho de mí y voy a hacer todo lo posible para no defraudarlos y llenarlos de orgullo.

José Andrés Armijos Peña

A mi madre Mercedes, su esposo Felipe, mis hermanos Robinson y Kevin que ahora y a lo largo de mi existencia me han dado su apoyo, sin ellos la tarea habría resultado irrealizable. A la memoria de mi padre Sixto Augusto, cuyos consejos y guía hasta mi adolescencia han servido para luchar por seguir de pie en esta vida.

Santiago Israel Buri Castillo

AGRADECIMIENTO

Agradecemos al Ing. Raúl Castro, por la asesoría y guía durante el tiempo que ha durado este proyecto. Extendemos nuestra gratitud a: Ing. Ramiro Jiménez, Ing. Ismael Minchala e Ing. Rubén Pozo, quienes nos facilitaron la información y aportaron con sus experiencias personales.

A la Universidad Técnica Particular de Loja, a la Escuela de Electrónica y Telecomunicaciones, a los docentes y compañeros estudiantes que han aportado y motivado nuestra formación profesional.

TABLA DE CONTENIDOS

Certificación	II
Cesión de Derechos	III
Autoría	IV
Introducción	V
Objetivos	VII
Dedicatoria	VIII
Agradecimiento	IX
Tabla de Contenidos	X
Índice de Figuras	XIII
Índice de Tablas	XIV

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1. Eficiencia Energética: Iluminación	02
1.2. Edificios Inteligentes	09
1.2.1. Características del Edificio Inteligente	09
1.2.2. Finalidad de un Edificio Inteligente	10

CAPÍTULO II: SISTEMAS PARA EL CONTROL LUMÍNICO EFICIENTE

2.1. Introducción	13
2.2. Definición del Sistema Automático de Control de Iluminación	14
2.2.1. Elementos del Sistema Automático de Control de Iluminación	14
2.2.1.1. Salida a Interruptores	15
2.2.1.2. Salida a Atenuadores	16
2.2.1.3. Sensores	16
2.2.1.3.1. Sensor Ocupacional	17
2.2.1.3.1.1. Tecnología de Infrarrojos	17
2.2.1.3.1.2. Tecnología Ultrasónica	18
2.2.1.3.2. Sensor Fotoeléctrico	18
2.2.1.3.3. Sensor Horario	19
2.3. Ajuste de los Sistemas de Control	21
2.3.1. Retardo de Prevención	21
2.3.2. Ajuste de los Sensores Fotoeléctricos	21
2.3.3. Ajuste de los Sensores Ocupacionales	22
2.4. Características del Sistema de Control	23

CAPÍTULO III: COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA EL CONTROL LUMÍNICO EFICIENTE

3.1. Tecnologías Disponibles en el Mercado	26
3.1.1. Tecnología X-10	26
3.1.1.1. Generalidades de X-10	26
3.1.1.2. Nivel Físico de X-10	27
3.1.1.3. Transmisión de Datos de X-10	27
3.1.1.4. Trama de Datos X-10	27
3.1.1.5. Arquitectura de X-10	30
3.1.1.6. Ventajas de X-10	31
3.1.1.7. Desventajas de X-10	31

3.1.2. Tecnología EIB	31
3.1.2.1. Generalidades de EIB	31
3.1.2.2. Nivel Físico de EIB	32
3.1.2.3. Transmisión de Datos EIB	32
3.1.2.4. Trama de Datos EIB	34
3.1.2.5. Software de Instalación ETS	35
3.1.2.6. Arquitectura de EIB	36
3.1.2.7. Topología de Red e Instalación	36
3.1.2.8. Ventajas de EIB	37
3.1.2.9. Desventajas de EIB	37
3.1.3. Tecnología KNX	37
3.1.3.1. Generalidades de KNX	37
3.1.3.2. Modos de Funcionamiento	38
3.1.3.3. Nivel Físico de KNX	38
3.1.3.4. Arquitectura de KNX	39
3.1.4. Tecnología LCN	39
3.1.4.1. Generalidades de LCN	39
3.1.4.2. Descripción de LCN	39
3.1.4.3. Características de los Módulos de Bus	40
3.1.4.4. Características del Firmware Incluido	41
3.1.4.5. Arquitectura de LCN	41
3.1.4.6. Direcciones de LCN	42
3.1.4.7. Transmisión de Datos de LCN	42
3.1.4.8. Ventajas de LCN	43
3.1.4.8. Desventajas de LCN	43
3.1.5. Tecnología Z-Wave	43
3.1.5.1. Generalidades de Z-Wave	43
3.1.5.2. Transmisión de Datos de Z-Wave	44
3.1.5.3. Arquitectura de Z-Wave	45
3.1.5.3.1. Controladores	45
3.1.5.3.1.1. Controladores Portátiles	45
3.1.5.3.1.2. Controladores Estáticos	46
3.1.5.3.2. Esclavos	46
3.1.5.4. Topología de Enrutamiento	46
3.1.5.5. Ventajas de Z-Wave	47
3.1.5.6. Desventajas de Z-Wave	47
3.2. Metodología de Comparación	50
3.3. Comparación de las Tecnologías X-10, KNX/EIB, LCN y Z-Wave	51
3.4. Análisis de Resultados	52

CAPÍTULO IV: EJEMPLO DE APLICACIÓN

4.1. Descripción del Área de Trabajo	55
4.2. Evaluación del Consumo Eléctrico por Iluminación	55
4.2.1. Cálculos de Potencia y Consumo de la UPSI	55
4.3. Simulación de las Áreas de Interés	56
4.3.1. GESE: Distribución Actual de Iluminarias Funcionando al 60%	57
4.3.2. GESE: Distribución Óptima de Iluminarias Funcionando al 100%	58
4.3.3. GESE: Aporte de Luz Natural	59
4.3.4. GESE: Zonificación para Aporte de Luz Natural	59
4.3.5. GESE: Zonificación por Ocupación	61

CONCLUSIONES	64
RECOMENDACIONES	66
BIBLIOGRAFÍA	68
REFERENCIAS	71
GLOSARIO DE TÉRMINOS	73
ANEXOS	76
ANEXO 1: Norma UNE-EN 12464 – 1:2003	77
ANEXO 2: Código Técnico de la Edificación	80
ANEXO 3: Descripción de Equipos	81
ANEXO 4: Referencias de Instalaciones con Sistemas Automáticos de Control	85
ANEXO 5: Cálculos	91
ANEXO 6: BatiBUS	93
ANEXO 7: EHS (European Home System)	94
ANEXO 8: Simulación en DIALUX. Ejemplo de Aplicación	95
ANEXO 9: Diagramas de Iluminancia. Ejemplo de Aplicación	100

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1.1: Consumo Energético Ecuador 2002 Sector Residencial	03
FIGURA 1.2: Consumo Energético Ecuador 2002 Sector Comercial	04
FIGURA 1.3: Consumo Energético Ecuador 2002 Sector Industrial	04
FIGURA 1.4: Consumo Energético Argentina 1998 Sector Residencial	06
FIGURA 1.5: Consumo Energético Argentina 1998 Sector Comercial y Público	06
FIGURA 1.6: Consumo Energético Argentina 1998 Sector Industrial	07
FIGURA 1.7: Consumo Energético Chile 1994 Sector Residencial	07
FIGURA 1.8: Consumo Energético Chile 1994 Sector Comercial y Público	08
FIGURA 1.9: Consumo Energético Chile 1994 Sector Industrial	08
FIGURA 2.1: Sistema Automático de Control de una Lámpara de Descarga ...	15
FIGURA 2.2: Diagrama de Carga de Iluminación en una Oficina Típica	19
FIGURA 2.3: Zonificación de Oficina Multiocupacional para la instalación de sensores fotoeléctricos con atenuación	22
FIGURA 3.1: Tiempos de sincronización de X-10	27
FIGURA 3.2: Trama de X-10	28
FIGURA 3.3: Trama de EIB	34
FIGURA 3.4: Dirección Física de EIB	35
FIGURA 3.5: Instalación y Equipo LCN	40
FIGURA 3.6: Velocidad de transmisión de LCN	43
FIGURA 4.1: Ahorro por Zonificación para Aporte de Luz Natural	60
FIGURA 4.2: GESE. Zonificación por Ocupación	61
FIGURA 4.3: Ahorro mediante Zonificación por Ocupación	62
FIGURA 4.4: Consumo Eléctrico Total, Consumo por Iluminación y Ahorro mensuales en Dólares	63
FIGURA A8.1. Desarrollo de Software vista en 3D. Luminarias al 100% Distribución Actual	95
FIGURA A8.2. Pasillo UPSI vista en 3D. Luminarias al 100% Distribución Actual	96
FIGURA A8.3. Sala de Reuniones vista en 3D. Luminarias al 100% Distribución Actual	97
FIGURA A8.4. Sala de Descanso vista en 3D. Luminarias al 100% Distribución Actual	98
FIGURA A8.5. Baños vista en 3D. Luminarias al 100%. Distribución Actual ...	99

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 2.1: Derroche por Factor Ocupacional (Dfo)	17
TABLA 3.1: Códigos de Casa de X-10	29
TABLA 3.2: Códigos de Unidad de X-10	29
TABLA 3.3: Códigos de Comandos de X-10	30
TABLA 3.4: Tipos de Datos EIB	33
TABLA 3.5: Principales Características de las Tecnologías	48
TABLA 3.6: Calificación	51
TABLA 3.7: Valoración de las Tecnologías Comparadas	51
TABLA 4.1: Iluminancia para Distinta Áreas de Trabajo en la UPSI. Iluminarias al 100%	57
TABLA 4.2: Iluminancia GESE. Distribución Actual de Iluminarias Funcionando al 60%	58
TABLA 4.3. Iluminancia GESE. Distribución Óptima de Iluminarias Funcionando al 100%	58
TABLA 4.4: GESE. Ahorro por Zonificación (3 grupos)	60
TABLA 4.5: GESE. Ahorro mediante Zonificación por Ocupación	61
TABLA A1.1. Norma Europea UNE – EN 12464 – 1. Oficinas	77
TABLA A1.2. Norma Europea UNE – EN 12464 – 1. Edificios Educativos	78
TABLA A3.1. Descripción de Equipos X-10	81
TABLA A3.2. Descripción de Equipos Konnex/EIB	82
TABLA A3.3. Descripción de Equipos LCN	83
TABLA A3.4. Descripción de Equipos Z-Wave	84
TABLA A4.1. Ahorro de Energía con Sistemas de Control en edificios remodelados en Inglaterra	85
TABLA A4.2. Ahorro de Energía mediante Sistemas de Control en Edificios de Australia	86
TABLA A4.3. Acciones tomadas en la Sede IDAE	87
TABLA A4.4. Detalle de Comparación en la Sede IDEA	87
TABLA A4.5. Resultados obtenidos en la Sede IDAE	88
TABLA A4.6. Ejemplo Carrefour Italia	88
TABLA A4.7. Acciones tomadas en la Torre Agbar (España)	89
TABLA A5.1. Consumo Mensual en iluminación. Planta UPSI	91
TABLA A5.2. Consumo Mensual del edificio CITTES en 2008	92
TABLA A5.3. Cálculo Factor de Simultaneidad en Planta de la UPSI	92
TABLA A8.1. Iluminancia Desarrollo de Software. Luminarias al 100%. Distribución Actual	95
TABLA A8.2. Iluminancia Pasillo UPSI. Luminarias al 100%. Distribución Actual	96
TABLA A8.3. Iluminancia Sala de Reuniones. Luminarias al 100%. Distribución Actual	97
TABLA A8.4. Iluminancia Sala de Descanso. Luminarias al 100%. Distribución Actual	98
TABLA A8.5. Iluminancia Baños. Luminarias al 100%. Distribución Actual	99

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1. EFICIENCIA ENERGÉTICA: ILUMINACIÓN

El diccionario de la Real Academia Española define el término Eficiencia como la capacidad de disponer de algo para conseguir un efecto determinado. En materia energética, es la reducción de su consumo, sin afectar la cantidad producida o los niveles de confort de un determinado equipo o sistema.

La reducción de consumo o ahorro energético no es algo tangible, sino un concepto al que se puede llegar de muchas maneras. En muchos casos no es necesario sustituir los aparatos o sistemas por otros que consuman menos, sino una gestión eficiente de los mismos. En este sentido, no solamente se pretende una reducción en el consumo de energía, sino también la reducción de emisiones contaminantes para el ambiente. De todos los costes operativos, el energético es el más fácilmente controlable, pero para su reducción es indispensable un control continuo, una gestión adecuada de la información y una asesoría energética efectiva.

Un plan de eficiencia energética tiene como objetivos entre otros los siguientes:

- La reducción del consumo y la intensidad energética.
- Mejoras ambientales, con la disminución de de emisiones contaminantes a nivel local y global.
- Disminución de los costes de operación.
- Reducción y retraso de las reinversiones en equipos, permitiendo aumentar los plazos de amortización de los mismos.
- Aumento del tiempo operativo de su proceso productivo.
- Mejora en la calidad y tiempos de respuesta.

Un análisis completo para la provisión de servicios energéticos debería tener como propósito la búsqueda de opciones que requieran poca o ninguna provisión artificial de energía, a un bajo costo, y con mínimo impacto ambiental. Para ello se deberán identificar principalmente aquellos servicios que puedan ser provistos naturalmente con un adecuado diseño de instalaciones o procesos en concordancia con estos requisitos.

Los indicadores del uso final de la energía eléctrica permiten visualizar aquellos sectores en donde un adecuado manejo de los recursos podría resultar en ahorros

significativos en los mismos. De estos usos finales, es importante conocer cuál es el consumo de energía eléctrica por concepto de iluminación.

En Ecuador, la información en cuanto al uso final que se hace de la energía eléctrica es muy escasa; en los últimos años no se han realizado estudios al respecto. Un informe del año 2002 (Ver Figuras 1.1 a 1.3) revela que existe un predominio del consumo de energía eléctrica por iluminación en el sector comercial con un 41%^[1].

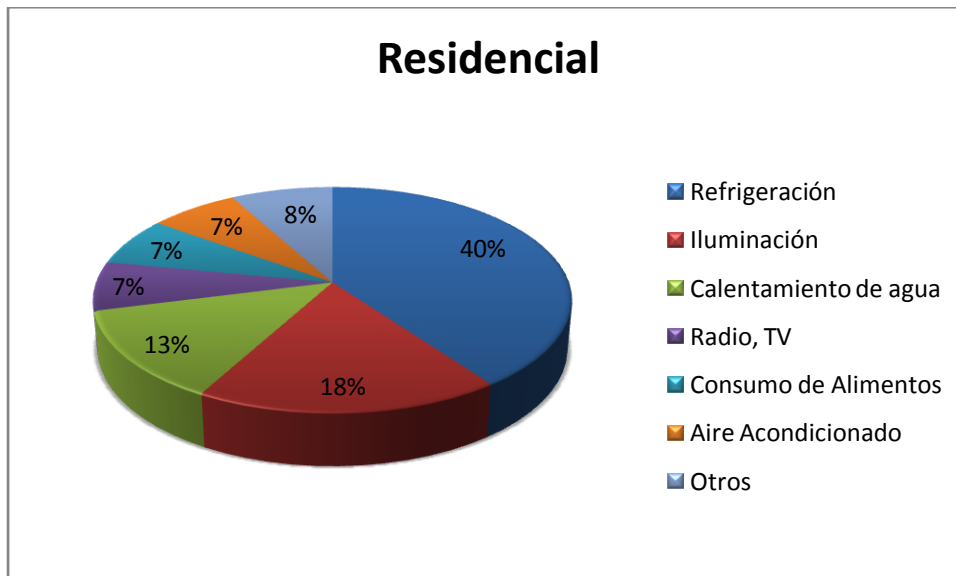


FIGURA 1.1: Consumo Energético Ecuador 2002 Sector Residencial

Fuente: Ministerio de Energía y Minas del Ecuador

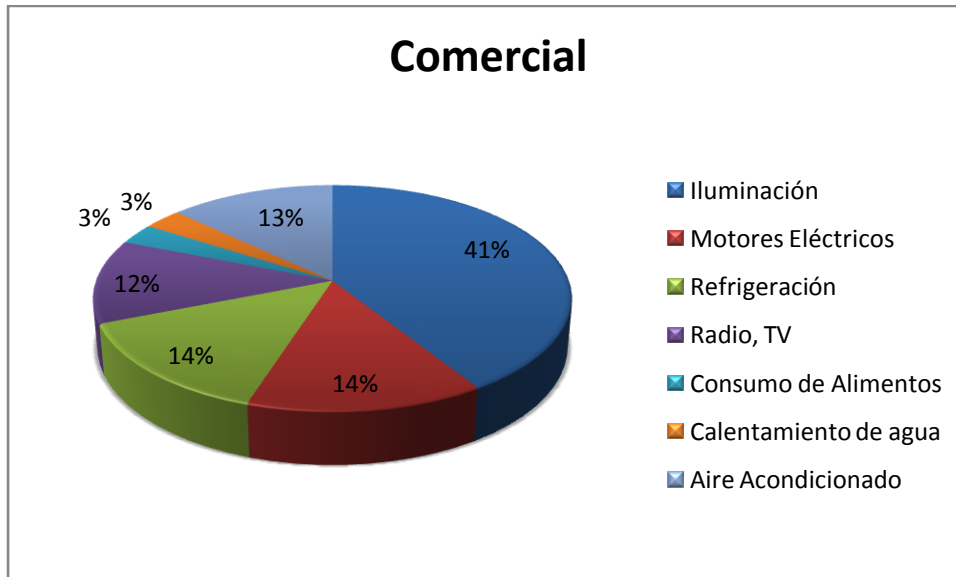


FIGURA 1.2: Consumo Energético Ecuador 2002 Sector Comercial

Fuente: Ministerio de Energía y Minas del Ecuador

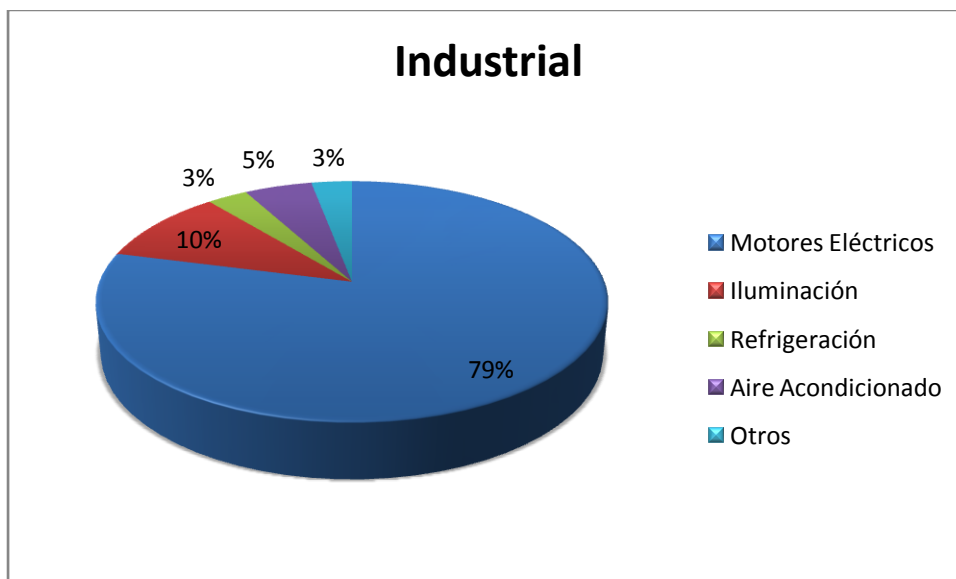


FIGURA 1.3: Consumo Energético Ecuador 2002 Sector Industrial

Fuente: Ministerio de Energía y Minas del Ecuador

Si bien es cierto, estos datos no expresan la realidad actual en el sector eléctrico del Ecuador pero sirven de referencia para aclarar el panorama de lo que se ha venido dando en el país; claro está que se deberán tener en cuenta otros factores que desde el 2002 en adelante han modificado la situación, tales como el aumento de la población, el uso de artefactos y luminarias eficientes, entre otros.

No ha sido sino hasta enero de 2008, que el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable -MEER- y la Subsecretaría de Política Energética del Ecuador publicaron una propuesta para la realización de un proyecto, que hasta la fecha no ha sido puesto en marcha; se titula “Estudio de Demanda por Subsectores y Usos Finales de Energía Eléctrica”. En él se destaca la carencia de información sobre la demanda de energía, por lo que se debe establecer un sistema permanente de planificación energética confiable y actualizada. Por ello, la Subsecretaría de Gestión de Política Nacional del MEER, propone realizar un conjunto de acciones con el fin de implementar un sistema de información de demanda de energía, discriminando por usos finales, comenzando por los sectores residencial y comercial. De esta manera se podrá caracterizar los consumos de energía, para diseñar políticas específicas destinadas a un uso racional y eficiente de energía, a efectos de no sobredimensionar inversiones de la oferta y estimular la penetración de tecnologías eficientes y amigables con el ambiente, tanto en la producción local o importaciones de equipo como para uso doméstico y comercial^[2].

Otros ejemplos, muestran casos similares. En Argentina, se observó que dentro de cada sector de consumo para usos finales de electricidad, la iluminación tiene una participación destacada fundamentalmente en el sector comercial y público, luego en el residencial y en menor grado en el industrial (Ver Figuras 1.4 a 1.6)^[3].

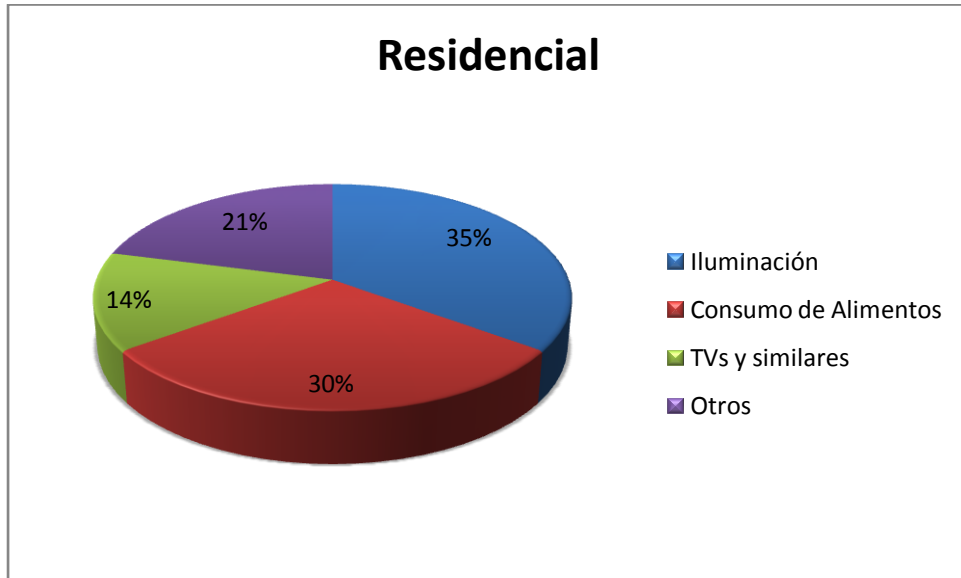


FIGURA 1.4: Consumo Energético Argentina 1998 Sector Residencial

Fuente: Instituto de la Energía Gral. Mosconi. República Argentina

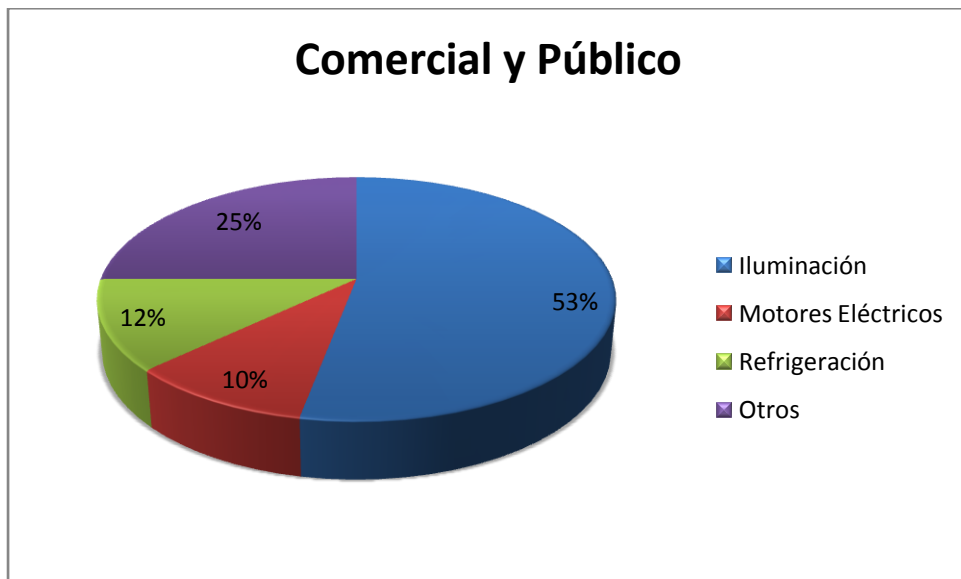


FIGURA 1.5: Consumo Energético Argentina 1998 Sector Comercial y Público

Fuente: Instituto de la Energía Gral. Mosconi. República Argentina

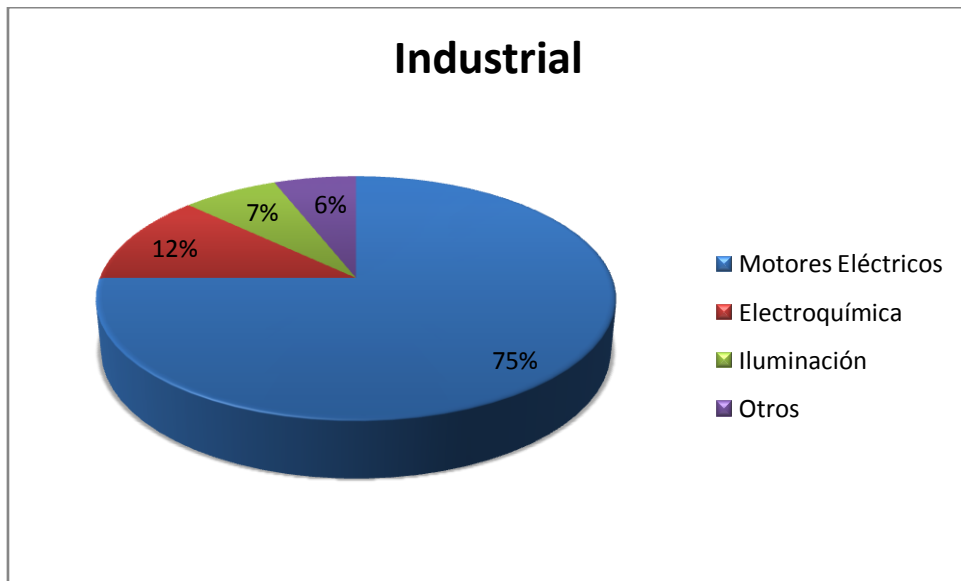


FIGURA 1.6: Consumo Energético Argentina 1998 Sector Industrial

Fuente: Instituto de la Energía Gral. Mosconi. República Argentina

En el caso chileno el consumo eléctrico por usos finales y sectores es parecido, situación que se puede constatar en las gráficas de las Figuras 1.7 a 1.9. [4]:

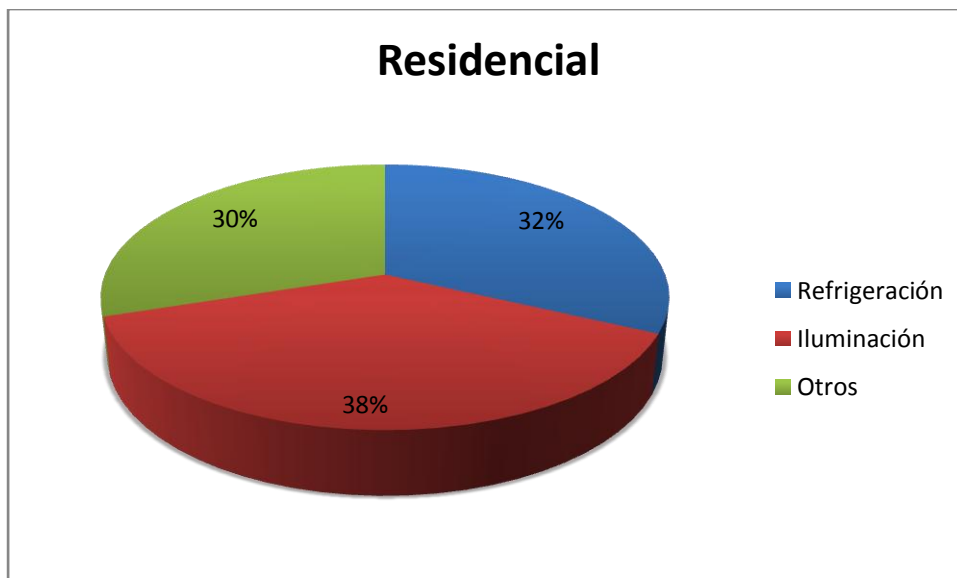


FIGURA 1.7: Consumo Energético Chile 1994 Sector Residencial

Fuente: Chilectra Metropolitana

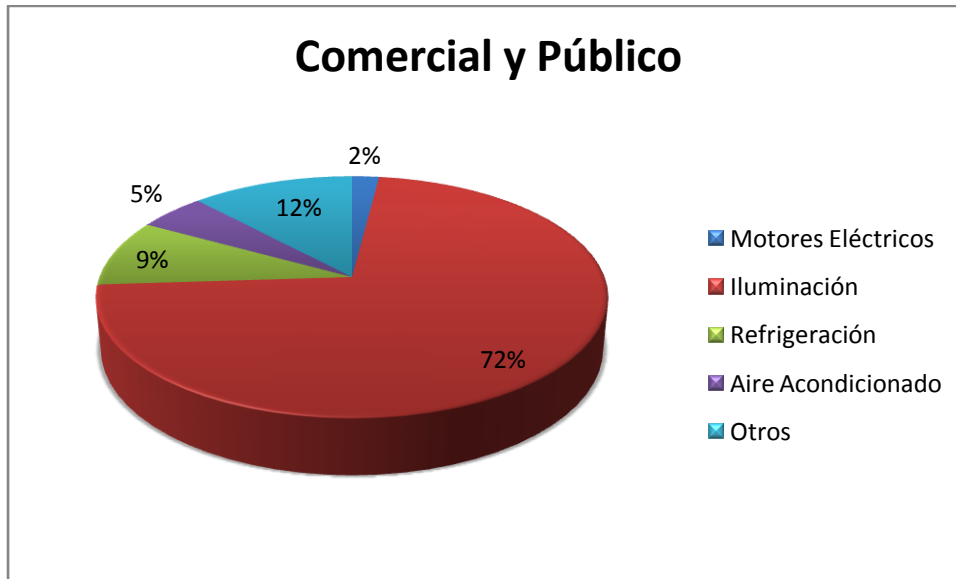


FIGURA 1.8: Consumo Energético Chile 1994 Sector Comercial y Público

Fuente: Chilectra Metropolitana

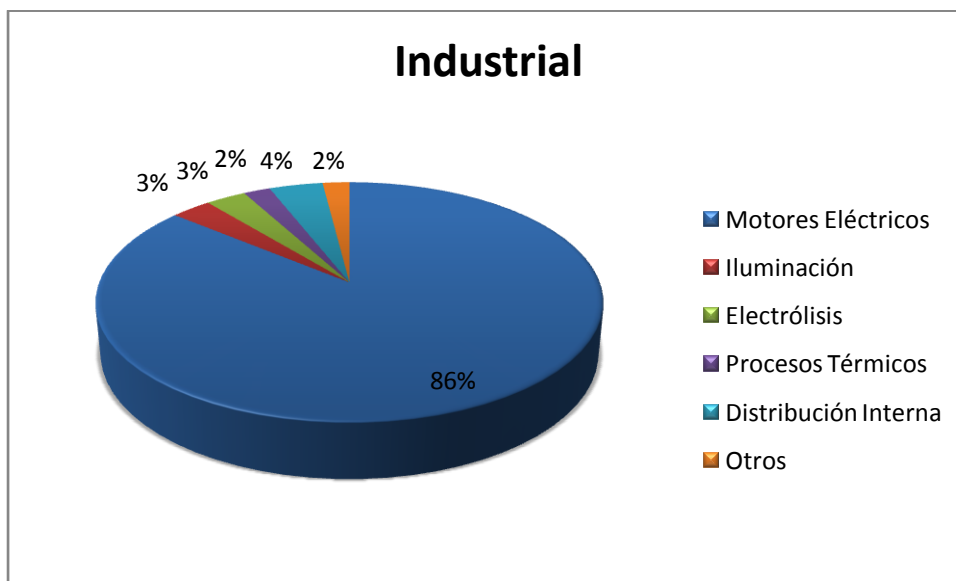


FIGURA 1.9: Consumo Energético Chile 1994 Sector Industrial

Fuente: Chilectra Metropolitana

En estos tres países de Latinoamérica el consumo energético por iluminación es mayoritario en el sector comercial y público; en Ecuador durante el 2002 representaba el 41%, para Argentina para el año 1998 se fijaba en 53%, en el caso chileno para 1994 en 72%.

En países desarrollados, la preocupación de la cantidad de energía que se consume en estos sectores los ha llevado a incorporar sistemas que permitan hacer

un uso adecuado y eficiente ella, no solamente para iluminación, sino sistemas integrales que incluyéndola, puedan manejar casi todas las actividades que requieran el uso de energía en los edificios.

1.2. EDIFICIOS INTELIGENTES

El término “Edificio Inteligente” fue incluido en el léxico mundial por los Estados Unidos en la década de los 80. En aquella época, el uso de la palabra inteligencia se refería apenas a la automatización de ciertos sistemas de servicios en una edificación. Con el tiempo, como consecuencia de los efectos sobre el confort y el bienestar de las personas que causan las condiciones ambientales, influenciando así su satisfacción y productividad, se agregó a dicha definición, la capacidad de suplir las necesidades de sus ocupantes, habilidades como la capacidad de aprendizaje y adecuación al medio ambiente.

1.2.1. CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO INTELIGENTE

El Instituto Mexicano del Edificio Inteligente, IMEI, establece que un edificio inteligente debe cumplir con las siguientes características^[5]:

- 1. Máxima Economía:** Eficiencia en el uso de energéticos.
- 2. Máxima Flexibilidad:** Adaptabilidad a un bajo costo a los continuos cambios tecnológicos requeridos por sus ocupantes y su entorno.
- 3. Máxima Seguridad** (entorno, usuarios y patrimonio): Capacidad de proveer un entorno ecológico interior y exterior respectivamente habitable y sustentable, altamente seguro que maximice la eficiencia en el trabajo a los niveles óptimos de confort en sus ocupantes.
- 4. Máxima Automatización de la Actividad:** Eficazmente comunicativo en su operación y mantenimiento.
- 5. Máxima Predicción y Prevención:** Operación y mantenimiento bajo estrictos métodos de optimización.

1.2.2. FINALIDAD DE UN EDIFICIO INTELIGENTE

En la preparación de un edificio inteligente se conjugan algunos sectores que deberán trabajar en conjunto para aprovechar de manera óptima los recursos empleados. Se han agrupado en cuatro categorías los objetivos de un edificio inteligente^[6]:

Arquitectónico

- a. Satisfacer las necesidades presentes y futuras de los ocupantes, propietarios y operadores del edificio.
- b. Ser flexible, tanto en la estructura como en los sistemas y servicios.
- c. Tener un diseño arquitectónico adecuado y correcto; acabado y decoración.
- d. Ser un edificio funcional.
- e. Mantener la modularidad de la estructura e instalaciones del edificio.
- f. Proporcionar mayor confort para el usuario.
- g. Incrementar los niveles de seguridad; protección contra intrusión, robo, plagio, clima, incendio, entre otros accidentes.

Tecnológico

- a. Disponer de medios tecnológicos avanzados de telecomunicaciones
- b. Automatizar las instalaciones
- c. Integrar los servicios

Ambientales

- a. Propender al ahorro energético
- b. Utilizar energías renovables
- c. Cuidar del medio ambiente

Económicos

- a. Reducir los altos costos de operación y mantenimiento
- b. Incrementar la vida del edificio
- c. Mantener en mira la posibilidad de cobrar precios más altos por la venta o renta de espacios
- d. Conseguir una elevada relación costo beneficio
- e. Incrementar del prestigio de la compañía

Al momento de automatizar un edificio, no es la parte tecnológica la que gobierna este asunto, sino que son las cuatro categorías mencionadas las que deberán ser tomadas en cuenta como conjunto, para garantizar que el edificio sea conveniente tanto para el cliente como para los usuarios y el medio ambiente.

Dependiendo de cuál sea la función para la cual se ha construido un edificio, éste puede incluir instalaciones como: aire acondicionado, calefacción, ventilación, iluminación, elevadores, escaleras eléctricas, seguridad, control de acceso, seguridad contra incendios y humo, telecomunicaciones, instalaciones hidráulicas, sanitarias, seguridad contra inundación, entre otros. Partiendo de este hecho, en el mercado se puede encontrar una gran variedad de sistemas que pueden servir tanto para tareas específicas como globales en cuanto a automatización y control. Los sistemas globales o integrales pueden ser muy costosos, sin embargo, el elegir un sistema para tareas específicas, como en este caso, únicamente para la iluminación, podría ser económico, pero no la alternativa más idónea, si el objetivo final es propender a la eficiencia energética. Mientras más sean las instalaciones dentro de un edificio que puedan ser controladas, con un mismo sistema, mayor será el ahorro que se pueda lograr.

Por lo dicho antes, se ha realizado una investigación en este trabajo, de aquellos sistemas en el mercado que permiten automatizar las instalaciones de iluminación de los edificios, pero que también incorporan muchas otras funciones como el control de acceso, persianas, ventilación, calefacción, gestión de cargas eléctricas, motores, audio, video, vigilancia, alarmas, etc. Es decir, por ahora, el punto de partida es la automatización de las instalaciones de iluminación, por ser el área en donde se prevé un ahorro significativo debido a que es el sector que más energía eléctrica consume en un edificio comercial y por ser tema de esta proyecto; no obstante, se dejan abiertas las expectativas a poder emplear un sistema que cubra muchas otras áreas dentro del edificio.

CAPÍTULO II

2. SISTEMAS PARA EL CONTROL LUMÍNICO EFICIENTE

2.1. INTRODUCCIÓN

La iluminación es significativa porque entra virtualmente en cada fase de la vida moderna. La iluminación juega un papel fundamental en el desarrollo de las actividades sociales, comerciales e industriales. La habitabilidad de cualquier ambiente depende de la calidad de iluminación (nivel de iluminación y color de la luz), así como los rangos de temperatura y movimiento del aire que cambiarán de acuerdo a la estación del año; esto influye en las sensaciones de los ocupantes.

Se crea así la necesidad de contar con un sistema que realice el control de los niveles de iluminación y el encendido/apagado de las luminarias prestando atención no sólo a la economía y a la eficiencia, sino también al tipo de trabajo que realizan las personas y al espacio en el que lo hacen. La tecnología ha evolucionado a sistemas de alumbrado capaces de adaptarse a las exigencias actuales y que, a su vez, son más eficientes energéticamente.

Un sistema de alumbrado energéticamente eficiente permite obtener una importante reducción del consumo, sin necesidad de disminuir sus prestaciones de calidad, confort y nivel de iluminación.

En la eficiencia lumínica influyen:

- La eficiencia energética de los componentes (lámparas, luminaria, equipos auxiliares [balastos, arrancadores, condensadores]).
- El uso de la instalación (régimen de utilización, utilización de sistemas de regulación y control, aprovechamiento de la luz natural).
- El mantenimiento (limpieza, reposición de lámparas, monitoreo de los sistemas de control).

En la actualidad han aparecido sistemas innovadores para la regulación de iluminación. Estos sistemas engloban una serie de dispositivos concebidos para mejorar la eficiencia y las condiciones de servicio en instalaciones de alumbrado, mediante la introducción de nuevas funciones que los hacen más flexibles, confortables y atractivos; comprenden una diversidad de dispositivos que van desde luminarias, equipos auxiliares y sistemas de control, hasta ventanas inteligentes, persianas controladas, ductos de luz y colectores de luz solar.

2.2. DEFINICIÓN DEL SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTROL DE ILUMINACIÓN

Un Sistema de Control Automático de Iluminación puede ser definido como un sistema de control del alumbrado artificial cuya finalidad es proveer uno o más de las siguientes funciones:

- a) Encendido
- b) Apagado
- c) Atenuación (control del flujo luminoso)

Los sistemas de regulación y control apagan, encienden y regulan la luz de manera automática según su propio criterio (patrón preestablecido), permitiendo un mejor aprovechamiento de la energía consumida, reduciendo los costes energéticos y de mantenimiento.

Las variables tomadas en cuenta en los sistemas de control automático de iluminación son:

- a) Ocupación del área
- b) Horarios (calendarios) de ocupación
- c) Nivel de iluminación del ambiente (luz natural o luz artificial)

2.2.1. ELEMENTOS DEL SISTEMA AUTOMÁTICO DE CONTROL DE ILUMINACIÓN

En un sistema automático de control de iluminación, el bloque de control actúa sobre el equipo auxiliar o directamente sobre la lámpara asociada, pudiendo conmutar (encender o apagar) o bien atenuar la potencia de ellas. El Bypass permite la anulación del control automático, recuperando el control manual. Por lo general, la atenuación se realiza, con balastos electrónicos de alta frecuencia o con componentes convencionales (balastos inductivos), aunque son menos apropiados. La acción de control se ejerce sobre una o varias luminarias, pudiendo ser:

- Con salida a interruptores (encendido/apagado)
- Con salida a atenuadores (regulación continua)

La Figura 2.1 explica los elementos que conforman un sistema automático de control para una lámpara de descarga.

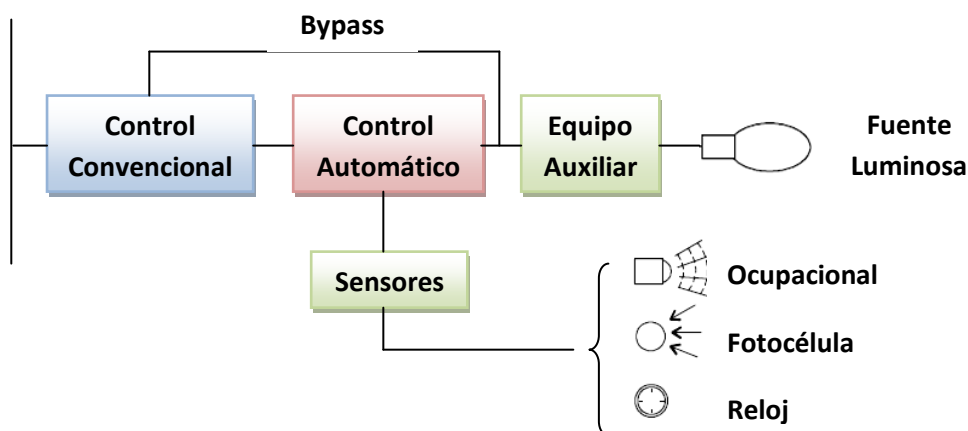


FIGURA 2.1. Sistema Automático de Control de una Lámpara de Descarga

Fuente: Ing. Herberto C. Bühler. Departamento de Luminotecnia Luz y Visión.
Universidad Nacional de Tucumán Argentina.

2.2.1.1. SALIDA A INTERRUPTORES

La salida a interruptores proveen un control para el encendido y apagado; su confiabilidad deviene en que no involucra componentes sofisticados. El control puede ejercerse sobre una o varias luminarias, pudiendo emplearse tanto con sensores ocupacionales como con sensores de nivel luminoso.

Los equipos ofrecidos comercialmente soportan por lo general carga de hasta 10A, lo que es suficiente para conmutar directamente unas 25 lámparas fluorescentes de 36W. Para instalaciones con una mayor cantidad de iluminarias, como locales industriales o deportivos, se precisa la ayuda de relés o contactores.

Si se usan sensores fotoeléctricos, con salida encendido/apagado, el control se hace por escalones, es decir, se apagan o encienden grupos de luminarias a la vez. Cuanto mayores sean estos escalones, más económica resultará la instalación, aunque menor será el aprovechamiento de la luz natural disponible. Por el contrario, escalones pequeños, aunque resulten complejos, no sólo permiten un mejor aprovechamiento energético, sino que evitan las distracciones de los usuarios ocasionados por las variaciones perceptibles del nivel de iluminación. Por esta razón, el control por atenuación de nivel de iluminación, mediante sensores fotoeléctricos podría resultar más apropiado que el de encendido/apagado.

2.2.1.2. SALIDA A ATENUADORES

Es un sistema de control proporcional. La señal de control determina cuál es la proporción de atenuación de flujo luminoso de las lámparas, disminuyéndoles su potencia. La relación directa entre flujo luminoso y potencia, denominada *eficiencia luminosa*, puede modificarse con la regulación del flujo luminoso de la lámpara. Equipos de mala calidad o mal instalados no sólo empeoran la eficacia luminosa con la atenuación, sino que pueden afectar la vida útil de la lámpara. No todas las lámparas son aptas para la regulación de su flujo luminoso sin que experimenten algún tipo de inconvenientes. Recientes desarrollos electrónicos permiten hacer funcionar tubos fluorescentes en regímenes de baja potencia, por lo tanto, no hay limitaciones en el grado de atenuación que puede realizarse, desde el 100% a valores tan bajos como el 1% sin parpadeos.

Algunos fabricantes han desarrollado líneas especiales de lámparas con capacidad de ser atenuadas, para ser usadas con balastos de alta frecuencia preferentemente en instalaciones que posean regulación de flujo. La información necesaria para una adecuada elección puede obtenerse de los catálogos.

Merece destacarse que la regulación del flujo luminoso de lámparas posibilita el máximo aprovechamiento de las continuas variaciones de la luz natural con mínimas molestias para el usuario, quien no percibe ningún cambio en la cantidad de luz. Además permite ahorrar la energía del exceso de iluminación que puede estar originado, por ejemplo, por sobredimensionamiento inicial de la instalación para lograr un buen *factor de mantenimiento*. Este sobredimensionado inicial de la instalación (del orden del 20%) se realiza para que la depreciación luminosa hasta el momento del mantenimiento no deteriore el nivel de iluminación por debajo del mínimo recomendable^[7]

2.2.1.3. SENSORES

La finalidad de un sensor en un sistema de control para la iluminación es evaluar las condiciones de los ambientes (cantidad de luz natural, presencia o ausencia de ocupantes, etc.) para generar la señal de control. Los tipos más conocidos son:

- Sensor Ocupacional
- Sensor Fotoeléctrico
- Sensor Horario (Temporizador)

2.2.1.3.1. SENSOR OCUPACIONAL

El sensor ocupacional es un dispositivo que detecta la presencia de personas en los locales, para realizar el control.

El derroche por factor ocupacional (Dfo) ha sido caracterizado como un importante factor en la ineficiencia en los sistemas de alumbrado. Valores típicos del desperdicio por luces encendidas, en locales desocupados de un edificio, pueden ser del 25% de la energía total disipada en iluminación (Tabla 2.1)^[8].

Son apropiados para este fin, dispositivos similares a los utilizados en los sistemas de seguridad (alarmas antirrobo), los que están basados principalmente en dos tipos de tecnología: *infrarroja* y de *ultrasonido*. En este caso, el control es del tipo encendido/apagado, no siendo compatibles las salidas de atenuación (salidas analógicas).

TABLA 2.1. Derroche por Factor Ocupacional (Dfo)

Tipo de Local	Dfo
Baños – Servicios	43%
Oficinas Individuales	27%
Salas de Reunión	23%
Laboratorios	19%
Talleres	3%

Fuente: Ing. Herberto C. Bühler. Departamento de Luminotecnia Luz y Visión.
Universidad Nacional de Tucumán Argentina

2.2.1.3.1.1. TECNOLOGÍA DE INFRARROJOS

Los sensores infrarrojos pasivos (PIR, Passive Infrared) consisten en opto-resistencia que se hallan colimadas por una lente de Fresnel. Detectan la ocupación del espacio por diferencias de temperatura entre los cuerpos en movimiento y el ambiente. Las lentes de Fresnel les otorgan una gran cobertura espacial. La principal ventaja es que son económicos y el área de control está perfectamente delimitada.

2.2.1.3.1.2. TECNOLOGÍA ULTRASÓNICA

Actúan por efecto Doppler, producido por el movimiento de la fuente emisora. La señal ultrasónica de un emisor de cristal de cuarzo, reflejada por los objetos del local, es recibida por uno o más receptores, permitiendo la detección del movimiento por cambios en el tiempo de retorno de la señal. Debido a que el sonido se propaga en todas las direcciones, se denominan también *detectores volumétricos*, característica que deberá considerarse cuando se realiza el diseño de una instalación con este tipo de sensores, en atención a la existencia de fuentes de perturbación que ocasionen falsos disparos.

2.2.1.3.2. SENSOR FOTOELÉCTRICO

Un fotosensor es un dispositivo de control electrónico que permite variar el flujo luminoso de un sistema de iluminación en función de la iluminación detectada.

Aprovechar la luz natural con el sistema de control convencional significa considerar, en diferentes circunstancias, si la luz que está ingresando por las ventanas es suficiente para la remisión total o parcial de la luz artificial.

Los sensores no son otra cosa que elementos fotosensibles colimados por un lente enfocado sobre el área de interés, como en el caso de sensores PIR. Cuando se pretende integrar señales de un área importante del local, son apropiados los lentes de Fresnel, o bien lentes comunes orientados sobre un área más reducida, ya sea un escritorio o una porción de pared. La ubicación de este punto, junto con el enfoque del sensor, pareciera ser los puntos críticos de esta técnica, que frecuentemente se ve perjudicada por falsos disparos.

Los lentes son enfocados hacia el área de trabajo, generándose la señal de control, según la cantidad de iluminación que está recibiendo esa zona del local. Si esta cantidad es mayor que el valor de calibración una porción de la potencia de las lámparas controladas es atenuada. Primero se conmutará (o atenuará, según el tipo de control) la fila más próxima a la ventana, siguiendo con las restantes, según la cantidad de luz natural disponible en cada zona. Esta técnica se conoce como **zonificación**. El gradiente de esta atenuación deberá ser tal que los usuarios no lleguen a percibir cambios ni diferencias de su medio ambiente visual.

El control fotoeléctrico es recomendable sólo en locales o zonas que disponen de una buena contribución de luz natural. El denominado *coeficiente de luz diurna* (clid)

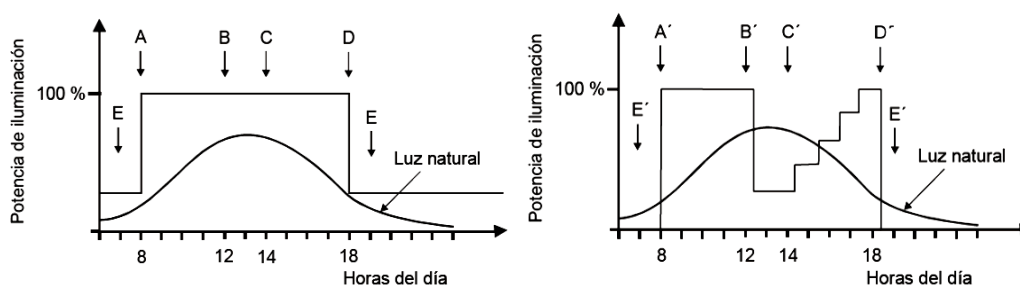
es el indicador más apropiado para evaluar la luz natural de un local. Se define como el cociente de la iluminación interior (en un punto) y la iluminación exterior producida por la luz natural (sin considerar obstrucciones).

2.2.1.3.3. SENSOR HORARIO

Son interruptores horarios programables que poseen más de un ciclo de apagado. En los modernos relojes de tiempo electrónico y en ciertos PLCs, puede realizarse una programación en forma diaria, semanal, mensual o anual y hasta incluir feriados. Una memoria no volátil con reserva horaria evita que un eventual corte de energía borre la programación.

Estos dispositivos están indicados preferentemente para locales con un patrón de ocupación muy regular y conocido, por ejemplo aulas escolares, naves industriales, o locales de oficinas, para la pausa del mediodía o al final de la jornada. En una oficina, cuyos horarios incluyan una pausa al medio día, un control horario induce un ahorro adicional, al estimular un mayor uso de la luz natural debido a que al regreso de la pausa, coincidente con la hora de mayor aporte de luz natural, los ocupantes de los locales tienden a encender en menor proporción las luces.

Un sistema de control con sensor horario trabajaría como lo muestra la Figura 2.2.



a) Control Manual

b) Control por Reloj

FIGURA 2.2. Diagrama de carga de Iluminación en una oficina típica

Fuente: Ing. Herberto C. Bühler. Departamento de Luminotecnia Luz y Visión.
Universidad Nacional de Tucumán Argentina

a) Control Manual (usuarios):

- A Por las mañanas al inicio de las tareas, la disposición de luz natural es mínima, los usuarios encienden todas las luces (la utilización de la iluminación es máxima- 100%).
- B-C En la pausa del medio día, coincidente con la hora de máxima disposición de luz natural, los ocupantes abandonan sus locales dejando las luces encendidas.
- D Al final de las tareas, por descuido, algunas luces quedan encendidas
- E Luces encendidas hasta la próxima jornada.

b) Control por Reloj, programado para apagar las luces a las 12H00 y 18H00, aunque los usuarios pueden encenderlas a voluntad.

- A´ Por las mañanas al inicio de las tareas, la disposición de luz natural es mínima, los usuarios encienden todas las luces (utilización 100%)
- B´ A las 12H00, pausa del medio día, el sistema apaga las luces. Sólo quedan encendidas unas pocas luces indispensables.
- C´ Al regresar a sus tareas, conscientes con la hora de máxima luz solar, los ocupantes sólo encienden parte de las lámparas, aumentándose gradualmente según las necesidades, conforme declina la luz diurna.
- D´ Corte de las 18H00. Con un dispositivo de control automático,
- E´ Ninguna lámpara queda encendida una vez finalizada la tarea.

Los dispositivos con control horario no se usan, por lo general, para encender luces, quedando esta función como atributo de los ocupantes, que las ejecutan según sus necesidades. Resulta menos problemático y beneficioso usar el dispositivo de control para apagar antes que para encender luces. Ya que es frecuente que algunos ocupantes permanezcan en los lugares de trabajo más allá de los horarios establecidos, se recomienda incluir una señal que les advierta que las luces van a ser apagadas, en cuyo caso los usuarios optarán por retirarse o permanecer en los locales anulando el dispositivo de control.

2.3. AJUSTE DE LOS SISTEMAS DE CONTROL

Un tema crítico de estos sistemas lo constituye el ajuste post-instalación. Ninguno de ellos sale de fábrica listo para operar inmediatamente después de instalado, requiriendo un ajuste para cada local en particular. Esta tarea puede demandar varias jornadas de control y observación en prevención de cualquier funcionamiento inapropiado. Las situaciones imprevisibles derivadas de instalaciones no bien ajustadas, pueden ocasionar conflictos con los ocupantes o bien el desaprovechamiento del potencial de ahorro de los locales, dos circunstancias que hay que evitar.

A continuación se destacan los puntos que deben considerarse en el ajuste de los diferentes tipos de sensores:

2.3.1. RETARDO DE PREVENCIÓN

La acción de control con cualquier tipo de sensor debe estar precedida por un retardo a fin de evitar alteraciones molestas en el ambiente iluminado, producidas por cambios momentáneos de la variable de control, tales como usuarios que se alejan de sus lugares de tareas para retornar inmediatamente, o variaciones de la luz natural provocadas por un nublado pasajero, etc. No hay una regla sobre la magnitud de tal retardo. Un tiempo suficiente para abarcar la mayoría de las situaciones que puedan considerarse como transitorias está entre 5 y 10 minutos^[8].

2.3.2. AJUSTE DE LOS SENSORES FOTOELÉCTRICOS

El ajuste o calibración del sistema de control es la tarea mediante la cual se relaciona la señal del sensor con los valores de iluminación. Esto se realiza en cada instalación según el control sea del tipo encendido/apagado o de atenuación. En el primer caso debe conocerse cuál es la *Iluminancia horizontal de Servicio (Es)*, un valor establecido por las normas de diseño, según el tipo de local (**Ver Anexo 1**) y la Iluminancia de Conmutación (*Ec*, contribución de las iluminarias controladas por el dispositivo de ajuste obtenido por medición). La señal medida por el sensor es proporcional a la Iluminancia sobre el plano de trabajo (*E*) y la acción de control se realizará de acuerdo a las siguientes condiciones^[8]:

Si $E > E_s + E_c$ durante un lapso de tiempo $t > t_r$, entonces **apaga**

Si $E < E_s + E_c$ durante un lapso de tiempo $t > t_r$, entonces **enciende**

La acción de control no se ejecutará en forma inmediata, sino luego de que la condición se prolongue un periodo mayor que el tiempo de retardo, t_r , generalmente de entre 5 y 10 minutos, como se indicó en el apartado 2.3.1.

Es indispensable que el sensor integre sólo la luz que aportan las luminarias bajo control, lo cual puede lograrse mediante una apropiada zonificación del local, es decir se pueden crear circuitos separados de control para ser manejados de acuerdo a las necesidades; por ejemplo, la Figura 2.3 muestra un salón en el que se pueden crear tres grupos distintos: a) cercano a las ventanas, b) a la mitad del salón y c) el más alejado a las ventanas que reciben una contribución mínima de luz natural. La ubicación del sensor es otro factor a tomar en cuenta para evitar falsos disparos debido a reflejos o altas luminancias. Si no se pudiese evitar la aparición de las mismas dentro del área de sensibilidad, es recomendable el apantallado o enmascarado del sensor de las probables fuentes de perturbación.

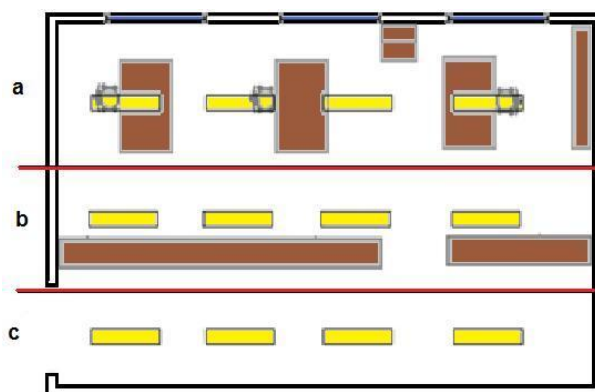


FIGURA 2. 3. Zonificación de Oficina Multiocupacional para la instalación de sensores fotoeléctricos con atenuación

Elaboración: Los Autores

2.3.3. AJUSTE DE LOS SENSORES OCUPACIONALES

El área barrida por estos sensores debe limitarse a los espacios bajo control. Para evitar falsos disparos no debe hallarse expuesta a señales espurias, originadas por la presencia dentro del área sensible de objetos de alta reflectancia o que presenten rápidos cambios de temperatura (debido a que los sensores ocupacionales infrarrojos detectan ocupación por diferencias de temperatura de los cuerpos), tales como calefactores, acondicionadores de aire o ventanas. También debe contemplarse cierto retardo de tiempo antes del apagado de luces, a fin de evitar cortes frecuentes e improductivos por ausencias breves de los usuarios.

2.4. CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE CONTROL

Las principales características o rasgos generales que debe tener un sistema de gestión técnica se pueden resumir en los siguientes puntos^[9]:

- **Simple y fácil de utilizar:** El sistema de control debe ser simple y fácil de utilizar para que sea aceptado por los usuarios finales. La interfaz de usuario deberá ser sencilla e intuitiva de utilizar, para permitir un aumento del confort.
- **Flexible:** Debe tener prevista la posibilidad de adaptaciones futuras, de forma que ampliaciones y modificaciones se puedan realizar sin un costo elevado ni un esfuerzo grande.
- **Modular:** El sistema de control del edificio debe ser modular (permitiendo la zonificación), para evitar fallos que puedan llegar a afectar a todo el edificio, y además debe permitir la fácil ampliación de nuevos servicios.
- **Integral:** El sistema debe permitir el intercambio de información y la comunicación con otros sistemas encargados de la gestión de las diferentes áreas del edificio, de forma que los diferentes subsistemas estén perfectamente integrados.

De manera separada se establecen otras características específicas desde el punto de vista del usuario final y desde el punto de vista técnico:

- **Criterios referentes al usuario final:** Posibilidad de realizar preinstalación del sistema en la fase de construcción. Facilidad de ampliación e incorporación de nuevas funciones. Simplicidad de uso. Grado de estandarización e implantación del sistema. Variedad de elementos de control y funcionalidades disponibles. Tipo de servicio postventa. Control remoto desde dentro y fuera del edificio. Facilidad de programación del sistema. Acceso a servicios externos: telecompra, teleinformación, teletrabajo, etc.

- ***Criterios desde el punto de vista técnico:*** En cuanto a las características técnicas se enumeran:
 - Topología de la Red: estrella, de bus, en anillo, en árbol.
 - Arquitectura de Red: centralizada, descentralizada, distribuida.
 - Medio de Transmisión: medios guiados (par trenzado, cable coaxial, líneas de poder, fibra óptica), medios no guiados (radiofrecuencia, infrarrojo).
 - Protocolo de Comunicaciones: estándar, propietario.
 - Velocidad de Transmisión.

CAPÍTULO III

3. COMPARACIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA EL CONTROL LUMÍNICO EFICIENTE

3.1. TECNOLOGÍAS DISPONIBLES EN EL MERCADO

A nivel mundial han sido muchas las empresas que desde hace más de tres décadas y media han empezado a producir dispositivos y equipos que se encargan de realizar tareas de automatización para luminarias en casas, edificios e industria.

Actualmente existe un sinnúmero de tecnologías en el mercado para dicho fin; sin embargo, no son sistemas exclusivos para la automatización de la iluminación, ya que, lo que se pretende es crear un solo sistema que integre todas las necesidades en un edificio o en un hogar, como por ejemplo, iluminación, calefacción, seguridad, control de acceso, puertas y ventanas, entretenimiento, electrodomésticos, bombas de agua, y otros campos de interés.

Algunas de estas tecnologías encontradas son: BatiBus, Dali, Domolon, European Home System (EHS), European Installation Bus (EIB), Home Electronic System, Home Plug&Play, HomeRF, Konnex (KNX), LonWorks, Local Control Network (LCN), ModBus, X-10, PLC, Universal Powerline Bus (UPB), ZigBee, Z-Wave, entre otros.

De éstas, se han elegido, las que tienen un gran impacto a nivel comercial en el mundo y que están disponibles en Ecuador. El análisis comparativo, tema de este trabajo, se hará para las tecnologías: X-10, European Installation Bus (en su versión combinada y mejorada con Konnex KNX/EIB), Local Network Control (LCN) y Z-Wave.

3.1.1. TECNOLOGÍA X-10

3.1.1.1. GENERALIDADES DE X-10

Nació en 1975 en la compañía Pico Electronics, en Glenrothes, Escocia. Es uno de los protocolos más antiguos utilizados en aplicaciones domóticas. Este estándar de comunicación permite transmitir señales de control entre equipos de automatización del hogar, a través de la red eléctrica (220V o 110V). Por ser un protocolo estandarizado y debido a que no se necesita instalar cables adicionales, este tipo de transmisión fue adoptado por varias marcas de equipos de automatización y seguridad en todo el mundo, haciéndolos compatibles entre sí. En la actualidad, también se han desarrollado productos que pueden controlarse desde Internet, o con controles PDA (Personal Digital Assistant).

3.1.1.2. NIVEL FÍSICO DE X-10

El medio físico que utiliza X-10 es PLC, Power Line Carrier. Las órdenes de control y los mensajes se transmiten a través de la red eléctrica de la edificación; se utiliza la señal sinusoidal de 50/60Hz para 220/110V respectivamente.

3.1.1.3. TRANSMISIÓN DE DATOS DE X-10

Las órdenes de control que envía los módulos son de cuatro tipos: encendido, apagado, aumentar y atenuar (ON, OFF, BRIGHT, DIM).

La señal X-10 se puede insertar en el semiciclo positivo o en el negativo de la onda sinusoidal (en cada medio ciclo se envía un bit de información). Un 1 binario se representa por un pulso de 120KHz durante 1 milisegundo y el 0 binario se representa por la ausencia de dicho pulso. Estas transmisiones se sincronizan al punto de cruce por cero de la línea de corriente alterna, porque en ese instante el ruido en la línea es menor y es más fácil de amplificar la señal (Ver Figura 3.1).

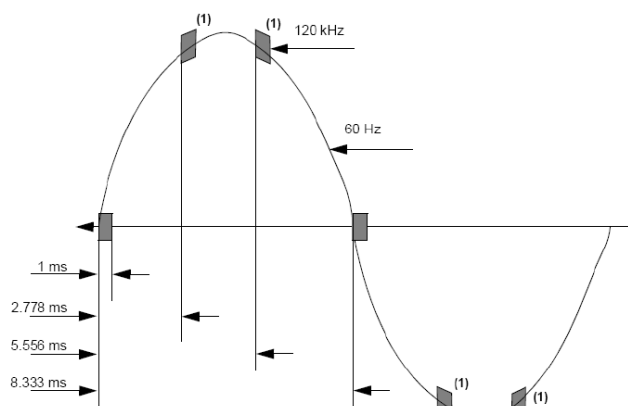


FIGURA 3.1 Tiempos de sincronización de X-10

Fuente: <http://www.x10.com/technology1.htm>

La velocidad de transmisión para X-10 es de 100bps o 120bps, para 50 y 60Hz respectivamente.

3.1.1.4. TRAMA DE DATOS X-10

La transmisión completa de una orden X-10 necesita once ciclos de corriente alterna. La trama se compone de 11bits divididos en tres campos de información: los dos primeros bits representan el código de inicio, los cuatro siguientes el código de casa (Letras A - P), y los cinco últimos bits el código de

unidad (1 - 16) o bien el código función o código de comando (encendido, apagado, aumento o disminución de intensidad).

Como lo indica la Figura 3.2, un bloque completo de datos consiste en el código de inicio (4 bits no redundantes), el código de casa (4 bits redundantes), el código de unidad (4 bits redundantes) y el sufijo (1bit redundante). En total suman 22 bits para el envío de la dirección. Luego se aguardan tres ciclos de onda como espera (6bits "0") y a continuación se envía la trama para el comando correspondiente. La trama para el código de comando se compone del código de inicio (4 bits no redundantes), el código de casa (4 bits redundantes), el código de función (4 bits redundantes) y el sufijo (1bit redundante), lo que en total suman 22 bits. Ambas tramas, tanto para el envío de la dirección como para el envío del comando se envían dos veces.

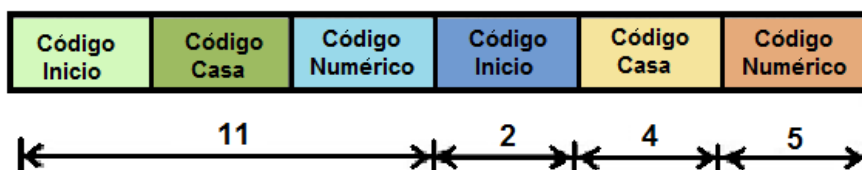


FIGURA 3.2 Trama de X-10

Fuente: <http://www.x10.com/technology1.htm>

Dentro de cada bloque de códigos complementados, cada par de bits transmitidos corresponden a 1 bit del código que se está enviando. Una secuencia transmitida "01" corresponde a "0" y una secuencia "10" corresponde a 1. Por ejemplo, para un código 0110 se enviará 01101001.

TABLA 3.1 Códigos de Casa de X-10

Dirección de casa	Código de casa			
	H1	H2	H3	H4
A	0	1	1	0
B	1	1	1	0
C	0	0	1	0
D	1	0	1	0
E	0	0	0	1
F	1	0	0	1
G	0	1	0	1
H	1	1	0	1
I	0	1	1	1
J	1	1	1	1
K	0	0	1	1
L	1	0	1	1
M	0	0	0	0
N	1	0	0	0
O	0	1	0	0
P	1	1	0	0

Fuente: <http://www.x10.com/technology1.htm>

TABLA 3.2 Códigos de Unidad de X-10

Dirección de unidad	Código de control				Sufijo
	D1	D2	D4	D8	D16
1	0	1	1	0	0
2	1	1	1	0	0
3	0	0	1	0	0
4	1	0	1	0	0
5	0	0	0	1	0
6	1	0	0	1	0
7	0	1	0	1	0
8	1	1	0	1	0
9	0	1	1	1	0
10	1	1	1	1	0
11	0	0	1	1	0
12	1	0	1	1	0
13	0	0	0	0	0
14	1	0	0	0	0
15	0	1	0	0	0
16	1	1	0	0	0

Fuente: <http://www.x10.com/technology1.htm>

TABLA 3.3 Códigos de Comandos de X-10

Códigos de comandos	Código de control				Sufijo
	D1	D2	D4	D8	D16
Apagar todas las unidades	0	0	0	0	1
Encender todas Luces	0	0	0	1	1
Encender	0	0	1	0	1
Apagar	0	0	1	1	1
Atenuar Intensidad	0	1	0	0	1
Aumentar Intensidad	0	1	0	1	1
Apagar todas las Luces	0	1	1	0	1
Código Extendido	0	1	1	1	1
Petición de Saludo	1	0	0	0	1
Aceptación de Saludo	1	0	0	1	1
Atenuación Preestablecida	1	0	1	X	1
Datos Extendidos (Analógico)	1	1	0	0	1
Estados = On	1	1	0	1	1
Estado = Off	1	1	1	0	1
Petición de Estado	1	1	1	1	1

Fuente: <http://www.x10.com/technology1.htm>

A cada unidad que exista en la casa (sensor, dimmer, persiana, etc.) se le asigna un código de casa y un código de unidad. Un dispositivo sólo responderá a una orden cuando sus códigos de casa y unidad coincidan con los de la petición. Si hay algún dispositivo que tenga los mismos códigos que otro, ambos responderán al llamado.

3.1.1.5. ARQUITECTURA DE X-10

De acuerdo con el número de códigos de casa (A-P) y con el número de códigos de unidad (1-16), el principio de codificación X-10 permite una activación y respuesta definidas de hasta 256 receptores, puestos de control de aparatos o de grupos de consumidores.

Los expertos aseguran que se puede cubrir como máximo un área de 185m² sin la utilización de repetidores^[10].

3.1.1.6. VENTAJAS DE X-10

- Ser un sistema descentralizado; configurable.
- De instalación sencilla (Plug&Play), sin necesidad de cables propios y sin fuente externa de alimentación.
- De fácil manejo por el usuario.
- Compatibilidad casi absoluta con los productos de la misma gama, obviando fabricante y antigüedad.
- Flexible y ampliable.

3.1.1.7. DESVENTAJAS DE X-10

- Sistema no programable, no “inteligente”.
- El sistema no elabora informes de estado, no hay confirmación de llegada de mensajes, ni detección de errores.
- No existe enrutamiento de la información.
- Medio de transmisión poco fiable.
- Recomendado sólo para aplicaciones de hogar.

3.1.2. TECNOLOGÍA EIB

3.1.2.1. GENERALIDADES DE EIB

El Bus de Instalación Europeo, EIB es un sistema de gestión de la instalación eléctrica de edificios que utiliza un protocolo multi-medio en el que se pueden transmitir señales por cable dedicado (BUS), Power Line, RF e infrarrojos. Comprende la monitorización y control de sistemas como iluminación, calefacción, aire acondicionado, climatización, ventilación, persianas, alarmas, gestión de cargas eléctricas, vigilancia y aviso, etc.

La EIBA (European Installation Bus Association) con sede en Bruselas – Bélgica propuso el estándar para finales de los años 80. La EIBA es una organización con cerca de cien miembros que reúne a empresas europeas, que como fabricantes cubren más del 80% de aparatos eléctricos en Europa. En USA su penetración ha sido baja o nula.

3.1.2.2. NIVEL FÍSICO DE EIB

El EIB es independiente del medio físico que se utilice, estando disponible los siguientes:

- **EIB.TP:** Sobre par trenzado Type 0 a 4800bps y Type 1 a 9600 bps. Dos hilos que suministra 24VDC para telealimentación. Usa la técnica CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance). Alcance de 1000m
- **EIB.PL:** Corrientes portadoras sobre 230 Vac/50 Hz (powerline) PL-110 (110kHz y 1200bps) y PL-130 (130kHz y 2400bps). Usa la modulación SFSK (Spread Frequency Shift Keying) similar a la FSK pero con las portadoras más separadas. La distancia máxima que se puede lograr sin repetidor es de 600 metros.
- **EIB.net:** Ethernet a 10 Mbps (IEC 802-2). Sirve de backbone entre segmentos EIB además de permitir la transferencia de telegramas EIB a través del protocolo IP a viviendas o edificios remotos.
- **EIB.RF:** Usando varias portadoras, se consiguen distancias de hasta 300 metros en campo abierto. Para mayores distancias o edificios con múltiples estancias se pueden usar repetidores. Velocidad de 38.4kbps. Trabaja en los 868MHz.
- **EIB.IR:** Para el uso con mandos a distancia en salas o salones donde se pretenda controlar los dispositivos EIB instalados.

3.1.2.3. TRANSMISIÓN DE DATOS EIB

En la práctica, sólo el par trenzado (bus dedicado) EIB ha conseguido una implantación masiva en instalaciones domóticas e inmóticas, mientras que los demás apenas han conseguido una presencia testimonial.

Con EIB.TP se pueden gobernar todas las funciones de sensado y control de manera descentralizada (no se necesita de un ordenador central que gobierne el sistema), en el que cada uno de los dispositivos conectados tiene control propio. Cada dispositivo tiene su microprocesador a lo que se suman los sensores y actuadores. El acceso al medio físico está resuelto con CSMA/CA, esto es Acceso Múltiple con Detección de Portadora y Evitación de Colisiones.

Los sensores se comunican enviando telegramas a los actuadores para la ejecución de tareas. El flujo de corriente se representa con 0 lógico y la ausencia de corriente con 1 lógico.

El lenguaje utilizado por EIB está definido por el estándar EIS (EIB Interworking Standar) que permite la comunicación de los dispositivos. Se dispone de 15 tipos de datos que se muestran a continuación:

TABLA 3.4 Tipos de Datos EIB

EIS (EIB Internetworking Standar)			
EIS	Función EIB	# bytes	Descripción
EIS 1	Interruptor (Switching)	1 bit	Encendido/Apagado, Habilitar/Deshabilitar, Alarma/No alarma, Verdadero Falso
EIS 2	Regulación (Dimming)	4 bits	Tres formas distintas: interruptor, valor relativo y valor absoluto
EIS 3	Hora (Time)	3 bytes	Día de la semana, hora, minutos, segundos
EIS 4	Fecha (Date)	3 bytes	Día/mes/año (de 1990 a 2089)
EIS 5	Valor (Value)	2 bytes	Envía valores físicos con representación
EIS 6	Escala (Scaling)	8 bits	Para transmitir valores relativos con una resolución de 8 bits
EIS 7	Control de Motores (Control Drive)	1 bit	Dos usos: Mover (arriba/abajo, extender/retraer) y Paso a Paso
EIS 8	Prioridad (Priority)	1 bit	Utilizado en conjunto con EIS 1 o EIS 7
EIS 9	Valor Flotante (Flota Value)	4 bytes	Coma flotante según el formato
EIS 10	Contador 16bit (16-b Counter)	2 bytes	Contador de 16 bits con y sin signo
EIS 11	Contador 32bit (32-b Counter)	4 bytes	Contador de 32 bits con y sin signo
EIS 12	Acceso (Access)	4 bytes	Concede accesos a distintas funciones

EIS 13	Caracter ASCII (Carácter)	8 bits	Codificación en lenguaje ASCII
EIS 14	Contador 8bit (8-b Counter)	8 bits	Contador de 8 bits con y sin signo
EIS 15	Cadena (Caracter String)	14 bytes	Cadena de caracteres ASCII de hasta 14 bytes

Fuente: Rafael Ansón, Roberto García, Javier Monzón. Redes de Datos y Servicios Multimedia. EIBus

3.1.2.4. TRAMA DE DATOS EIB

Los telegramas son señales binarias en banda base con velocidad distinta de acuerdo al nivel físico en que se esté trabajando.

Un telegrama se compone de un paquete de datos estructurado que el emisor envía y del correspondiente acuse de recibo del receptor si no ha habido inconvenientes. Los paquetes de datos se dividen en (Ver Figura 3.3):

- **Control:** 8 bits. Marca el inicio del telegrama y da la prioridad.
- **Dirección del emisor:** 16 bits
- **Dirección del destinatario:** 16 bits + 1 bit que indica si es una dirección física o de grupo
- **Contador:** 3 bits. Cuenta el número de saltos (enrutamiento)
- **Longitud:** 4 bits. Indica los bytes que ocupa la LSDU
- **LSDU (Link Service Data Unit):** información a transmitir (hasta 16 x 8 bits)
- **Byte de comprobación:** 8 bits. Comprueba la correcta transmisión (Código de Redundancia Cíclica).

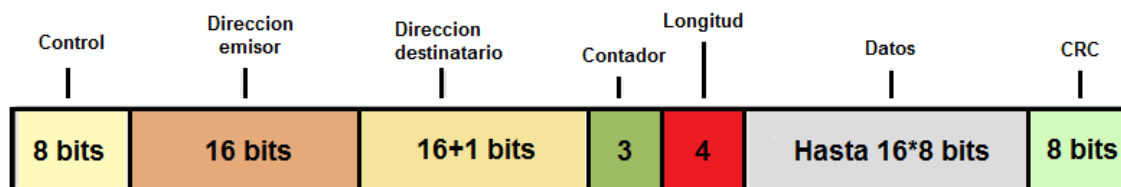


FIGURA 3.3 Trama de EIB

Fuente: Rafael Ansón, Roberto García, Javier Monzón. Redes de Datos y Servicios Multimedia. EIBus

Un dispositivo tiene una dirección física de 16 bits que lo identifica y localiza en la red. Se reservan 4bits para el área, 4 para la línea a la que pertenecen y 8 bits para el número de dispositivo (Ver Figura 3.4).

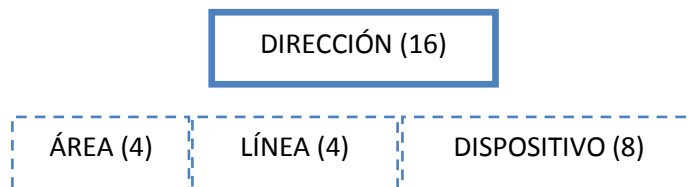


FIGURA 3.4 Dirección Física de EIB

Elaboración: Los Autores

A más de la dirección física, un dispositivo puede tener una o varias direcciones lógicas llamadas direcciones de grupo, las cuales asocian dispositivos de acuerdo a su función; así, aquellos que estén bajo la misma dirección de grupo recibirán las mismas órdenes. Los sensores sólo envían telegramas a una dirección de grupo mientras que los actuadores pueden tener varias direcciones de grupo lo que les permite actuar para distintos sensores. Cualquier dispositivo de la red puede transmitir telegramas a una dirección de grupo.

Las direcciones de grupo pueden ser de dos niveles:

- De Nivel II: Grupo principal (15 grupos) y subgrupo (2047 subgrupos/grupo).
- De Nivel III: Grupo principal (15 grupos), grupo intermedio (7/g. principal) y subgrupo (255/g. intermedio)

3.1.2.5. SOFTWARE DE INSTALACIÓN ETS

El ETS (EIB Tool Software) es una aplicación sencilla que permite gestionar instalaciones manejables y funcionales a bajo costo. Se pueden realizar tareas de estudio, diseño, puesta en servicio, documentación y diagnóstico.

Entre sus ventajas se anotan:

1. Se pueden realizar modificaciones en el diseño y en la obra con solo un computador portátil.
2. Una vez montado el servicio se puede realizar los diagnósticos pertinentes.
3. Monitoriza y documenta los telegramas los dispositivos y sus funciones.

4. Se pueden activar y/o desactivar componentes y emitir telegramas específicos.

3.1.2.6. ARQUITECTURA DE EIB

EIB ha sido creado para gestionar una amplia red de dispositivos interconectados, por ello, se adapta fácilmente a distintos tamaños y topologías.

Cada dispositivo que se conecta al bus se puede dividir en tres partes:

1. **BCU (Bus Coupling Unit) o Unidad de Acoplamiento al Bus:** Permite la comunicación con el bus y mantiene el estado interno del dispositivo. Se divide en dos partes
 - a. El Transmisor
 - b. El Controlador, que es un microprocesador con un mapa de memoria: ROM (contiene el software del sistema denominado "máscara"), RAM (almacena temporalmente los valores del sistema y la aplicación), EPROM (contiene el programa de aplicación, los parámetros, las direcciones físicas y de grupo. Se carga por medio del EIB Tool Software).
2. **AM (Application Module) o Módulo de la Aplicación:** Particulariza cada aplicación.
3. **AP (Application Program) o Programa de la Aplicación:** Software del dispositivo correspondiente a la aplicación.

3.1.2.7 TOPOLOGÍA DE RED E INSTALACIÓN

La red de instalación está conformada por todos los aparatos que se conectan al bus y los actuadores que conectan la línea de 110V/220V.

Existe un módulo básico encargado de la alimentación y la comunicación con el bus EIB; sus componentes son la fuente de alimentación y el bus.

La red mantiene un orden jerárquico, de esta manera de menor a mayor se tiene:

- **Línea:** Se le pueden conectar hasta 64 dispositivos. De topología libre pero debe tener al menos una fuente de alimentación, la longitud total no debe superar los 1000m, la distancia máxima entre la fuente y un dispositivo debe ser menor de 350m, la distancia máxima entre dispositivos no debe superar

los 750m, la distancia mínima entre dos fuentes en una misma línea debe ser mayor a 200m

- **Área:** Agrupación de líneas; hasta 15 líneas.
- **Backbone:** Agrupación de áreas, hasta 15 áreas.

Esto supone que un sistema completo puede soportar un total de 14400 dispositivos conectados al EIB.

3.1.2.8 VENTAJAS DE EIB

- Se trata de un bus dedicado.
- Se puede configurar el ETS como un software SCADA; es posible la detección de errores.
- Eficacia de transmisión; la información se dirige solamente al o los destinos.
- Tecnología confiable, robusta; recomendada para aplicaciones de hogar, edificios e industria.
- Es adaptable.
- Reduce los costes de mantenimiento
- Ahorra tiempo.
- Está preparado para el futuro.
- Está estandarizado.

3.1.2.9. DESVENTAJAS DE EIB

- Instalación compleja.
- Es una de las tecnologías más costosas en el mercado.
- Necesita de fuente de alimentación de 24VDC

3.1.3. TECNOLOGÍA KNX

3.1.3.1. GENERALIDADES DE KNK

Se puede decir que es la evolución de EIB. KNX/EIB es la convergencia de tres asociaciones europeas EIBA (European Installation Bus Association) con su estándar EIB, BCI (Batibus Club Internacional) con su estándar BATIBUS y EHSA (Europeana Home Systems Association) con su estándar EHS. El objetivo de KNX es crear un único estándar europeo que sea capaz de competir en calidad, prestaciones y precios con otros sistemas como el Lonworks o CEBus (estándares norteamericanos). A través de un gateway se puede lograr una conexión hacia la RDSI, PLC, Internet y otras tecnologías de redes de gestión de edificios.

3.1.3.2. MODOS DE FUNCIONAMIENTO

1. **S.mode (System Mode):** Al igual que el EIB, los dispositivos o nodos son instalados o configurados por profesionales con la ayuda del ETS. Está pensado para oficinas, industrias, hoteles, etc. El material y las herramientas de desarrollo solamente serán accesibles a los profesionales y los dispositivos sólo podrán ser comprados a través de distribuidores eléctricos especializados.
2. **E.mode (Easy Mode):** Los dispositivos están configurados de fábrica para funciones específicas, pero dejando algunos detalles a ser configurados durante la instalación ya sea con el uso de un controlador central (como una pasarela residencial) o mediante microinterruptores alojados en el mismo dispositivo (similar a X-10) que permiten seleccionar opciones ofrecidas en una guía de usuario. Los dispositivos se pueden conseguir en ferreterías, tiendas de productos eléctricos o tiendas de bricolaje y pueden ser instalados por personas sin formación técnica.
3. **A.mode (Automatic Mode):** Modo Plug&Play en el que ni el instalador ni el usuario tendrán nada que configurar; una vez conectado el dispositivo a la red, éste se registrará en la base de datos y pondrá a disposición sus recursos (procesador, memoria, entradas/salidas, etc). Indicado para electrodomésticos, equipos de entretenimiento y proveedores de servicios (Telcos, eléctricas, ISPs).

3.1.3.3. NIVEL FÍSICO DE KNX

El KNX podrá funcionar sobre:

1. **Par Trenzado, TP1:** Con la norma EIB equivalente (*Ver apartado 3.1.2.2.*)
2. **Par Trenzado, TP2:** Con la norma Batibus equivalente (*Ver Anexo 6*)
3. **Ondas Portadoras, PL100:** Con la norma EIB equivalente (*Ver apartado 3.1.2.2.*)
4. **Ondas Portadoras, PL132:** Con la norma EHS equivalente (*Ver Anexo 7*).
5. **Ethernet:** Con la norma EIB.net (*Ver apartado 3.1.2.2.*)
6. **RF:** Con la norma EIB.RF (*Ver apartado 3.1.2.2.*)
7. **IR:** Con la norma EIB.IR (*Ver apartado 3.1.2.2.*)

3.1.3.4. ARQUITECTURA DE KNK

Es de arquitectura similar a EIB. Una línea puede albergar 4 segmentos de línea y cada segmento de línea puede contener un máximo de 64 dispositivos. Esto hace que en un sistema completo exista un número máximo de 57600 aparatos superando en un factor de 4 a EIB (14400 aparatos como máximo).

Las BCU pueden funcionar como amplificadores o filtros dependiendo de su ubicación y del firmware embebido. Los acopladores pueden ser acopladores de línea o de área. Aquellos que funcionen como amplificadores se utilizan como expansión de línea o de área para una longitud adicional de 1.000 metros. Aquellos que funcionen como filtros sólo dejarán pasar hacia otro extremo los telegramas que tenga en su tabla de filtros, con lo que se evita el tráfico innecesario, colisiones y posibles colapsos.

3.1.4 TECNOLOGÍA LCN

3.1.4.1 GENERALIDADES DE LCN

Es un sistema de bus con arquitectura distribuida; consta de un solo cable (datos) y se alimenta desde la red eléctrica. Instalando módulos por las diferentes dependencias de una vivienda o un edificio se puede controlar cualquier motor, lámpara o automatismo de una forma rápida y segura, en función de variables tales como la presencia, un horario, la intensidad de luz exterior, lluvia, viento, etc. o pulsando un simple mecanismo o un clic desde un ordenador. Un sistema domótico completo que en su natal Alemania y en países del resto del mundo lleva trabajando varios años con aplicaciones básicas como el control de temperatura, ventilación, iluminación con regulación de la intensidad; o aplicaciones especializadas para circuitos de F1, Iluminación en teatros, Cines, industria, etc.

3.1.4.2 DESCRIPCIÓN DE LCN

LCN, Local Control Network, es un sistema propietario para automatización basado en bus. Su creadora fue la compañía alemana Issendorff KG, quien inició la fabricación de los primeros módulos en el año de 1992. Se han diseñado unidades electrónicas especiales que se conectan a las líneas de corriente AC de una edificación, las cuales unas vez conectadas empiezan a transmitir y recibir telegramas. No se necesita de un sistema de cómputo centralizado.

Lo que se requiere es una construcción con una instalación cableada de 4 hilos (tierra, neutro, fase, datos). El conductor sobrante de los comúnmente 3 utilizados para la parte eléctrica, se lo emplea para la transferencia de datos entre los módulos (Ver Figura 3.5).

Los módulos de bus van conectados directamente a la fase, el neutro y el cable de datos. No se requiere de alimentación extra para ellos, lo que reduce la cantidad de equipo instalado.

Para usos especiales existe la posibilidad de variar la velocidad de transmisión y filtración de telegramas. LCN también trabaja con fibra óptica para aplicaciones especializadas.

Al mismo tiempo LCN se encarga de la vigilancia y para alegría del propietario, gracias a LCN es posible un ahorro de energía de hasta el 40%^[11].

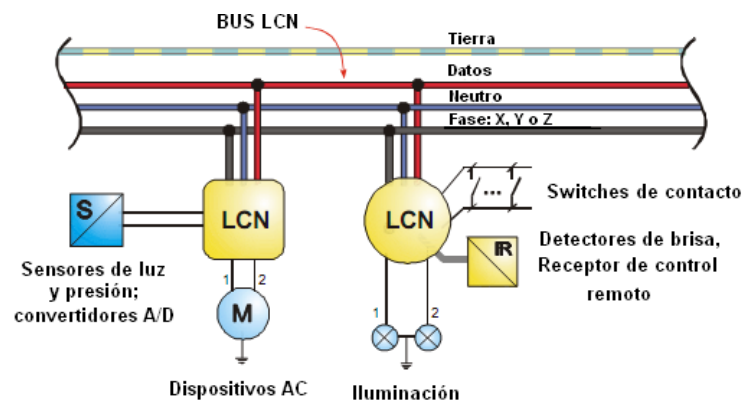


FIGURA 3.5 Instalación y Equipo LCN

Fuente: <http://www.lcn-iberica.com>. Issendorff Mikroelektronik

3.1.4.3. CARACTERÍSTICAS DE LOS MÓDULOS DE BUS

- Cada módulo es controlado por un microprocesador.
- No es necesario un controlador distinto.
- Suministro eléctrico incorporado.
- Sensor y actuador combinados en uno.
- Dos salidas de poder independientes de 250VA a 2000VA. Pueden operar como switches o dimmers
- Tres puertos de interfaz:
 - Puerto T para sensores; iluminación, presión, temperatura.

- Puerto I para pulsos; control remoto por infrarrojo, contador de pulsos (brisa), control de acceso.
- Puerto P; bloque de relés (salida digital), entrada binaria.

3.1.4.4. CARACTERÍSTICAS DEL FIRMWARE INCLUIDO

- Conteo.
- Temporización.
- Control lógico.
- Entradas y salidas digitales.
- Salidas analógicas.
- Capacidad total de control remoto.

LCN puede operar con un mínimo de 2 módulos de bus que brindan: 4 salidas de conmutación (switches)/dimmerización y 2 puertos T, I y P (dependiendo del tipo).

Cuando la instalación se la debe realizar en un emplazamiento ya construido, la implementación es muy sencilla. Todo lo que se necesita es una línea AC con 4 (o preferiblemente 5) cables, cajas empotradas de pared en donde se colocarán los dispositivos LCN y algo de espacio extra en las cajas de distribución y cajetines de los interruptores. Por lo tanto, el sistema siempre se adaptará a los requerimientos del usuario, un aspecto muy importante.

3.1.4.5. ARQUITECTURA DE LCN

Una línea de bus (o segmento) puede estar compuesta por un máximo de 250 módulos interconectados. Cada módulo se conecta a la fase, el neutro y el cable de datos. Para diseños más complejos, se añadirán más segmentos según las necesidades. Dos segmentos irán unidos a través de un Módulo Acoplador (SK) LCN. Cuando las exigencias de expansión se incrementan, se puede conectar un máximo de 120 segmentos, cada uno con hasta 250 módulos; es decir, en el caso de un edificio, se pueden instalar hasta 30000 módulos, suficientes para cubrir las necesidades de los edificios más grandes.

Una línea se puede extender hasta más de 1000m, que en la práctica puede ser excedida sin causar problemas en instalaciones de extensiones grandes para fábricas; en estos casos pudiera ser conveniente utilizar fibra óptica o

amplificadores para las líneas. En todo caso, si la suma en ambas líneas excede los 250 aparatos, se colocará un par de Módulos Acopladores LCN.

3.1.4.6. DIRECCIONES DE LCN

Las direcciones están comprendidas entre los números 5 y 254 que serán fijados en el software de programación (LCN-PRO ó LCN-P), mediante un computador conectado en cualquier parte del bus. Por otro lado, a cada segmento de la red le corresponde un número entre 5 y 124 que será adjuntado a la dirección de módulo. Por ejemplo, la iluminación en un pasillo podría tener la dirección: segmento 35, módulo 207.

Los telegramas se pueden enviar desde cualquier punto del bus a una determinada dirección; si un telegrama es dirigido a varios dispositivos, se lo hace a través de las direcciones de grupo para lo cual se utiliza las mismas direcciones de módulo (5-254) pero con la limitante de que cada módulo sólo puede ser miembro en 12 grupos.

3.1.4.7. TRANSMISIÓN DE DATOS DE LCN

LCN transmite 100 telegramas por segundo en el nivel inferior del bus, lo que resulta en una tasa de 9,6Kbaudios y de 1.000 a 10.000 telegramas por segundo en el nivel superior, alcanzando con ello de 305Kbaudios a 2,5Mbaudios (Ver Figura 3.6). Para el nivel inferior, se infiere que la trama de datos ocupa aproximadamente 96bits. LCN trabaja en banda base, por lo que los recursos habituales para una transmisión habitual de frecuencia portadora como aislamiento o acoplamiento de fase, no son necesarios.

El cable de datos es uno convencional, que en función normal tiene una tensión de cresta de $\pm 30V$. Los módulos están protegidos hasta 2kV en caso de errores en la instalación. Este cable por el que se envían los telegramas no necesita de una topología especial, se puede cablear libremente. Su longitud máxima es de 1km y se puede extender con amplificadores intermedios. El alcance con conductores de fibra óptica es de 2km (opcional 5km).

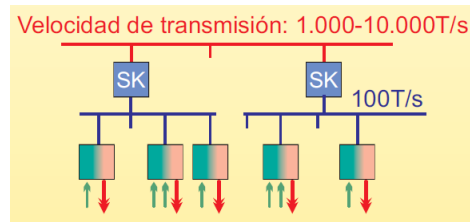


FIGURA 3.6. Velocidad de transmisión de LCN

Fuente: <http://www.lcn-iberica.com>. Issendorff Mikroelektronik

3.1.4.8. VENTAJAS DE LCN

- Sistema de control automático de alto desempeño, relativamente fácil de configurar.
- Elaboración automática de informes de estado en tiempo real.
- Recomendado para aplicaciones de hogar, edificios e industria.
- Es flexible, escalable e inteligente.
- Tiene garantía de por vida.

3.1.4.9. DESVENTAJAS DE LCN

- LCN es costosa.
- El número de proveedores es muy limitado en el mercado local.
- No ha sido tan conocida como otras tecnologías.

3.1.5. TECNOLOGÍA Z-WAVE

3.1.5.1 GENERALIDADES DE Z-WAVE

Z-Wave es un protocolo propietario de comunicación inalámbrica diseñado para la automatización del hogar y aplicaciones de control remoto en el sector residencial y comercial. La empresa danesa Zensys anunció la propuesta de esta nueva tecnología para Enero de 2005. Z-Wave utiliza radiofrecuencia de baja potencia y para aplicaciones con ancho de banda reducido. Está orientado al control y supervisión remotos de iluminación, sistemas de seguridad, microclima y aplicaciones de hogar (control de acceso, sistemas de entretenimiento y electrodomésticos) de forma manual o automática.

Este sistema es fácil de instalar, desarrollar y gestionar en cada etapa de exploración. La instalación del sistema no exige usar los cables de conexión entre los dispositivos eléctricos, lo que evidentemente disminuye los costos y el tiempo de

montaje, ofreciendo un alto nivel de confort al usuario. Destinado tanto para inmuebles en construcción como para los que estén construidos.

El control se puede aplicar a un único dispositivo o grupo de dispositivos en una sola habitación o en toda una construcción. Mediante una pasarela que combina Z-Wave con el acceso a Internet se puede supervisar y controlar desde el exterior de la edificación los diferentes servicios.

Z-Wave gestiona la energía de manera eficiente a través del control automático de la iluminación mediante sensores de luz o de presencia. Se garantiza el consumo innecesario de energía tanto en sistemas de iluminación como aparatos y sistemas de entretenimiento.

3.1.5.2. TRANSMISIÓN DE DATOS DE Z-WAVE

El pequeño chip (MCU de 8bits) que contiene el protocolo Z-Wave es fabricado por Intel. El chip básico Z-Wave incorpora: procesador, memoria flash, emisor y receptor de radio. El sistema Z-Wave utiliza modulación FSK (Frequency Shift Keying) con codificación Manchester y trabaja en las bandas ISM, 868.42MHz en Europa, utilizada también en los productos de la marca In Touch que la empresa Electrocitry distribuye en el Ecuador^[12], 908.42MHz en EE.UU, 919.82MHz en Hong Kong y 921.42MHz en Australia y Nueva Zelanda. Se caracteriza por tener un bajo consumo de energía (tiempo de alerta = 2.5uA). Algunos equipos pueden ser configurados para transmitir con distintos niveles de potencia; por ejemplo, el módulo ZM2102 para control de iluminación, control de acceso, sensores y termostatos transmite de -20 a 5dBm^[13]

Los datos son transmitidos en bloques de 8bits, y el bit más significativo (MSB) es enviado primero. Las tramas, física y MAC, comienzan con el preámbulo de sincronización, seguido de la trama de inicio, después la carga útil y por último se envía el fin de la trama. El tamaño máximo de la carga útil es de 64bytes. La velocidad de transmisión es de 40Kbits/s (9.6Kbits/s utilizando chips antiguos).

El protocolo Z-Wave utiliza métodos estándares para evitar colisiones, es decir, la transmisión se pospone durante un número aleatorio de milisegundos cuando el medio está ocupado. Existen dos tipos de comandos: los comandos de protocolo y los comandos específicos de aplicación.

Cada red Z-Wave posee un identificador único de 32bits llamado *Home ID* (Identificación de Casa). Los dispositivos controladores tienen una identificación de red pre-asignada, los dispositivos esclavos obtienen su *Home ID* de los controladores asociados a esa red. Si otro controlador se une a la red, éste hereda la *Home ID* del controlador primario.

Los nodos individuales en la red se direccionan con un *Node ID* (Identificación de Nodo) de ocho bits que es asignado por el controlador. La identificación de nodo es única solamente dentro de su red.

3.1.5.3. ARQUITECTURA DE Z-WAVE

La red se puede construir con tan solo un controlador y un dispositivo controlado; en cualquier momento se puede añadir otro dispositivo, lo que hace de esta, una tecnología flexible. El alcance en los espacios abiertos sin mayores obstáculos es de 30m ^[14]. Cada red Z-Wave puede incluir hasta 232 nodos que pueden ser de dos tipos: controladores y dispositivos esclavos.

3.1.5.3.1. CONTROLADORES

Los controladores tienen la función de iniciar una transmisión así como mantener las rutas en la red. Están diferenciados de acuerdo a su función en la red. La mayoría de ellos pueden ser controladores portátiles o controladores estáticos.

3.1.5.3.1.1. CONTROLADORES PORTÁTILES

Este tipo de dispositivos pueden cambiar su ubicación en la red con libertad. Los controladores portátiles dan aviso de su dirección haciendo ping a todos los nodos circundantes. Generalmente son dispositivos que operan con batería que son utilizados por el usuario para enviar comandos a la red.

Otra función de sus funciones es la inclusión o exclusión de dispositivos en la red. Cada red Z-Wave debe tener un controlador primario que maneje la inclusión/exclusión de procesos y guarde la configuración última de la red. Otros controladores copian esta información del controlador primario. La operación de inclusión de nodo involucra un intercambio de información entre el nodo seleccionado y el controlador primario con transmisión de bajo consumo.

3.1.5.3.1.2. CONTROLADORES ESTÁTICOS

Asumen una posición fija en la red y son alimentados por la línea principal. Están siempre en “modo de escucha”. Por tanto, otro dispositivo pueden comunicarse con ellos en cualquier momento. En una red más elaborada, un controlador estático puede convertirse en un dispositivo para el almacenamiento de la última configuración de la red, llamado Controlador Estático de Actualizado (SUC, Static Updated Controller). El controlador estático también puede convertirse en controlador primario y utilizar controladores portátiles para incluir o excluir otros nodos. En este caso los controladores estáticos son llamados Servidor de Identificación SUC (SIS, SUC ID Server). Estos dispositivos pueden trabajar como puentes o interfaces para otro tipo de redes como TCP/IP o X-10.

3.1.5.3.2. ESCLAVOS

Los dispositivos esclavos son solamente dispositivos terminales con entradas y salidas de propósito general y su función es ejecutar las peticiones de los controladores.

Los dispositivos esclavos cumplen funciones mucho más simples que los controladores. No pueden iniciar transmisiones al menos que sea para responder una petición del controlador. Los esclavos pueden ser utilizados para retransmitir el mensaje; en este caso toman el nombre de Esclavos de Direccionamiento (Routing Slaves), pero para poder mantenerse en modo de escucha deberán estar alimentados todo el tiempo.

3.1.5.4. TOPOLOGÍA DE ENRUTAMIENTO

Esta tecnología utiliza una topología de red de malla y no tiene ningún nodo maestro. El funcionamiento del sistema Z-Wave consiste en enviar la señal mediante rutas marcadas. La ruta para el traspaso de ondas de radio emitidas desde el dispositivo de control (por ejemplo el mando a distancia) está marcada de tal manera, que la orden llegue al dispositivo adecuado con su respectiva aplicación. Esto se realiza mediante la exigencia de confirmación de la orden por el dispositivo que la emite. La confirmación será enviada por el dispositivo al que la orden está destinada. Si en la ruta de paso de ondas de radio se encuentra un obstáculo y la señal no puede llegar al dispositivo al que la orden está destinada, el sistema Z-Wave, busca “nueva ruta” a dicho dispositivo. La nueva ruta pasa por

otro dispositivo que se encuentre en la red Z-Wave. Todo esto asegura la infalibilidad del sistema; de esta manera disminuye el consumo de energía. En resumen, la incorporación de un mayor número de elementos permite ampliar el rango de control más allá del radio de una sola unidad y mejora la comunicación debido a que se incrementan el número de rutas posibles para el envío de datos a través de la red (más repetidores).

3.1.5.5. VENTAJAS DE Z-WAVE

- Flexibilidad
- Simplicidad de instalación y manejo
- Elementos como interruptores, tomas de corriente, botoneras se alimentan con la red eléctrica y elementos como la base, control remoto, sensores necesitan baterías por lo general AA recargables.
- Bajo consumo de potencia
- Tiempo de respuesta menor a 250ms
- Consumo de 0.1uA en estado pasivo y 25mA transmitiendo
- Memoria Flash de 32Kbits suficiente para descargar y correr las aplicaciones de control.

3.1.5.6. DESVENTAJAS DE Z-WAVE

- No existe detección de errores ni informes de estado.
- No es recomendado para la industria. Usos típicos: hogar y áreas abiertas en edificios.
- Riesgo frente a interferencias o ruido.
- Es una tecnología nueva.

TABLA 3.5 Principales Características de las Tecnologías

	X10	EIB	LCN	Z-Wave
Año nacimiento	1975	Finales 80's	1992	2005
Fabricante	Pico Electronics (Escocia)	EIBA Europa	Issendorff Alemania	KG, Zensys, Dinamarca
Protocolo	Estándar	Estándar	Propietario	Propietario
Medio Físico	PLC	TP (Bus dedicado), PL, Ethernet, RF,	Bus dedicado	Radio Frecuencia ISM
N. máx. Dispositivos	256	14.400	30.000	232
Tamaño de trama	22bits	Hasta 184bits	96bits aproximadamente	Desconocido
Velocidad de transmisión	120bps	TP: 9,6Kbps. PL: 2,4Kbps. Ethernet: 10Mbps. RF: 38,4Kbps	9,6Kbps inferior y 305kbps en el nivel superior	40Kbps nivel de a el
Alcance máx.	Áreas de 185m ²	de 1Km	Hasta 1km	30m espacios abiertos sin mayores obstáculos
Paquetes/seg	5	52	100	desconocido
Topología	Libre	Bus, árbol	Bus, árbol	Malla, estrella
Instalación	Plug&Play. Usuario	Profesional	Técnico con conocimientos medios en electricidad, electrónica y programación en computador	Usuario

Control	Distribuido	Distribuido	Distribuido y/o Centralizado	Centralizado
Sistema Jerárquico	No	3 Niveles: línea, área, backbone	2 Niveles: segmento y módulos	Controladores y esclavos
Seguridad de información	Envío redundante de la información (modo complemento)	CRC, Código de Redundancia Cíclica	CRC, Código de redundancia Cíclica	FSK con codificación Manchester. CSMA/CA
Proveedores mundiales	Leviton Manufacturing Co, General Electric, C&K Systems, Honeywell, Busch Jaeger, Ademco, DSC, IBM	Abb-Niessen, Foresis, Jung, Siemens, Temper, Hager	Analog Devices, Texas Instruments, Thomson, Siemens, Motorola, Atmel, Phillips, OSRAM, Phoenix	Danfoss, Intel, Intermatic, Leviton, Monster Cable, Universal, Electronics, Wayne-Dalton, Zensys
Aplicaciones	Hogar	Hogar, Edificios, Industria	Hogar, Edificios	Hogar, Edificios (areas abiertas con poca probabilidad de interferencias)

Elaboración: Los Autores

3.2. METODOLOGÍA DE COMPARACIÓN

La comparación de las cuatro tecnologías (X-10, KNX/EIB, LCN y Z-Wave) ha sido realizado con base en:

- a. Documentación técnica
- b. Entrevistas
- c. Experimentación

La documentación técnica ha sido posible mayoritariamente con la ayuda del material en línea, disponible en los sitios web de fabricantes y empresas de las tecnologías en cuestión. El soporte documentado en libros, es muy escaso, por tratarse de temas “nuevos” en especial en países como Ecuador, en donde los temas energéticos no han sido políticas de estado, y en donde la innovación tecnológica ha llegado con notable lentitud.

Los literales b y c han sido los de mayor aporte a este trabajo. Se ha podido visitar personalmente a algunas empresas del Ecuador dedicadas a la automatización de sistemas, así como constructoras, arquitectos e ingenieros interesados en temas de domótica e inmótica. Más allá de lo que la información escrita puede revelar y de lo que cada fabricante puede decir respecto de su tecnología, las experiencias de las personas que se dedican a la distribución e instalación de sistemas para la gestión de casas y edificios, dejan ver características que pueden ser muy importantes a la hora de elegir una de ellas.

En estas visitas se pudo conocer de primera mano los diferentes equipos de tecnologías como: X-10, LCN y Z-Wave, así como su configuración y funcionamiento.

Se han establecido 10 categorías de comparación, sobre las cuales se describen los puntos fuertes y debilidades de cada tecnología; estas categorías son:

1. Instalación
2. Funcionamiento y Aplicación
3. Velocidad de Transmisión y Tamaño de Trama
4. Alcance
5. Arquitectura y Topología
6. Escalabilidad
7. Flexibilidad

8. Aprovechamiento de las Instalaciones Existentes
9. Vulnerabilidad
10. Economía en Equipos

Se le ha asignado una calificación a cada parámetro analizado, con el fin de expresar los resultados de manera cuantitativa.









































TABLA 3.6. Calificación

Calificación	
	Alto
	Medio
	Bajo

Elaboración: Los Autores

3.3. COMPARACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS X-10, KNX/EIB, LCN Y Z-WAVE

TABLA 3.7. Valoración de las Tecnologías Comparadas

	X-10	KNX/EIB	LCN	Z-Wave
Instalación				
Funcionamiento y Aplicación				
Velocidad de Transmisión y Tamaño de Trama				
Alcance				
Arquitectura y Topología				
Escalabilidad				
Flexibilidad				
Aprovechamiento de Instalaciones Existentes				
Protección contra Vulnerabilidad				
Economía en equipos				

Elaboración: Los Autores

3.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La elección de una u otra tecnología que sea utilizada como sistema de control para iluminación, puede resultar una tarea de opinión variada, según la aplicación, el presupuesto, el confort y muchos otros parámetros medibles y no medibles.

Por ejemplo, en caso que se tratare de una edificación en la que se desee aprovechar las instalaciones existentes, como edificios con valor histórico o de delicada intervención, con un presupuesto limitado, un área pequeña, como domicilios, con un número de nodos reducidos, con niveles de ruido o interferencia mínimos por presencia de otros equipos, donde no se prevea un crecimiento importante y se requiera de equipos de fácil instalación y manejo sencillo del usuario, X-10 podría ser suficiente para cubrir dichas necesidades.

Si el caso es una edificación de gran área, en donde se requieran muchas funciones con integración de múltiples servicios sobre la misma red, se prevea un crecimiento importante a futuro, se necesite de un sistema muy seguro, se cuente con un presupuesto considerable, no se tengan problemas para instalar tuberías dedicadas para buses de datos, como en el caso de una edificación a construir o se encuentre en proceso de planificación, y con ambientes ruidosos, lo más aconsejable es optar por la tecnología KNX/EIB. El mayor inconveniente de ésta tecnología es el costo que representa tanto en su instalación como en la compra de sus equipos, pero la robustez de funcionamiento que ofrece, justifica la inversión.

Se recomienda el uso de LCN, si no es complicado adicionar un cable más a la red eléctrica de la edificación, si se desean abarcar grandes distancias, con ambientes ruidosos o con mucha interferencia, añadiendo múltiples funciones, además de seguridad e integridad de la información a manejar, su velocidad de transmisión es muy elevada y el número de elementos a controlar no representa problema alguno.

Por último Z-Wave es la mejor opción siempre y cuando la interferencia para la banda a la que trabaja el sistema no sea importante, si se tiene grandes distancias pero con elementos a menos de treinta metros que funcionen como repetidores, si se cuenta con un presupuesto moderado, si se trata de una edificación donde resulta complicado utilizar cables o tuberías empotradas, sin afectar la construcción existente, requiriendo de gran flexibilidad en cuanto a los elementos de la red, con niveles medios de seguridad en cuanto a confidencialidad de los datos a transmitir,

teniendo en cuenta que se tienen restricciones en lo que se refiere a escalabilidad, además de contar con elementos de bajo consumo.

La **Tabla 3.7** deja ver que LCN es la tecnología con mejor calificación; su mayor problema quizá es que se trata de un protocolo propietario y por tanto costoso, cuyo auge está presente en Alemania; actualmente está ganando mucho mercado, creciendo de manera silenciosa en cuanto a funcionamiento, instalación y manejo. KNX/EIB, al igual que LCN resulta un sistema muy robusto y confiable en cuanto a operación, pero asimismo costoso. Por otro lado, X-10 es deficiente en cuanto a cuestiones técnicas, pero ha sido su bajo coste y facilidad de manejo e instalación lo que lo ha hecho popular.

Existen algunos parámetros subjetivos que no se pueden cuantificar como es el caso de confort, estatus para los usuarios e incremento de rentas por locales o arriendos que captarían los propietarios del inmueble, gracias a la implementación de sistemas de automatización. Las tecnologías más robustas como LCN y KNX/EIB son las que proporcionarán mayores niveles de satisfacción en el usuario.

CAPÍTULO IV

5. EJEMPLO DE APLICACIÓN

5.1. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO

Para la presente ejemplificación se ha elegido la tercera planta del edificio CITTES (Centro de Investigación y Transferencia de Tecnologías) de la Universidad Técnica Particular de Loja, UTPL.

La planta analizada, denominada UPSI (Unidad de Proyectos y Sistemas Informáticos) cuenta con oficinas, laboratorios, salas de servidores, aulas, entre otros. A continuación se detallan algunos aspectos del área a evaluar.

5.2. CONSUMO ELÉCTRICO POR ILUMINACIÓN

La energía eléctrica consumida por una instalación de iluminación depende de la potencia del sistema de alumbrado instalado y del tiempo que está encendida. Ambos aspectos son importantes ya que sus variaciones pueden afectar la eficiencia energética de la instalación. Es importante conocer el consumo de energía de una instalación (existente o futura), cuando se considere el coste – efectividad de medidas para mejorar su eficiencia energética. Tales medidas requerirán una inversión económica, pero reducirán el consumo de energía en el futuro.

Para el cálculo del consumo energético de la instalación de iluminación de la planta se consideraron los siguientes factores: potencia instalada (potencia de lámpara + pérdidas en el balasto), horas de uso y factor de simultaneidad.

5.2.1. CÁLCULOS DE POTENCIA Y CONSUMO DE LA UPSI

Los cálculos realizados fueron:

- Potencia total de las luminarias en el piso de la UPSI
- Consumo en Kilowatts/hora
- Consumo en Dólares
- Porcentaje de ahorro económico mediante la implementación de un sistema de control.

Para este fin se ha contabilizado el total de luminarias en la planta y sus respectivas potencias, y se ha hecho una estimación de su ocupación en función del horario de trabajo y horarios de salida de estudiantes y personal; de esto último se obtuvo el factor de simultaneidad que mediante observaciones de campo se estableció en 0,61 (**Ver Tabla A5.3 del Anexo 5**).

En total existen 464 luminarias distribuidas en 25 áreas distintas de la planta UPSI. En su mayoría, las lámparas son del tipo fluorescente de 3 tubos de 17Watts cada uno. El consumo del balasto representa alrededor del 15% del consumo de la lámpara en el mejor de los casos. El tiempo de ocupación se estimó en 14 horas diarias.

Actualmente la tarifa eléctrica media para el sector comercial en la ciudad de Loja (Ecuador) es de 11,5 centavos de dólar el kWh^[15].

Para un edificio comercial típico, el consumo eléctrico por iluminación artificial representa entre un 35% y un 50%^[16], tal como lo confirman los valores obtenidos en el edificio CITTES. El consumo eléctrico total de los medidores N° 32008 y N° 31507 correspondientes al edificio entero para el año 2008 es de 44 008kWh, como promedio mensual^[15]. El resultante del consumo mensual correspondiente a iluminación del inmueble es de 23 950kWh, que representa el 54% del total del consumo eléctrico (**Ver Anexo 5**). Como se puede notar, este 54% de consumo por concepto de iluminación, está cercano a la estadística nacional de la *Figura 1.2*, 41% de energía eléctrica consumida en iluminación para el sector comercial.

5.3. SIMULACIÓN DE LAS ÁREAS DE INTERÉS

Las Tablas A1.1 y A1.2 del Anexo 1, recomiendan los siguientes valores de iluminancia según la norma europea UNE-EN-12464-1:2003:

- 500 lx para oficinas en donde se realizan las tareas de lectura, escritura, mecanografía y proceso de datos.
- Para pasillos y vías de circulación, 100 lx
- Salas de conferencia y reuniones, 500 lx
- Servicios y aseos, 100 lx
- Salas de descanso, 100 lx
- Aulas de práctica y laboratorios, 500 lx

La simulación ha sido realizada en el software especializado para creación de escenarios lumínicos de interiores, Dialux 4.7 (4.7.0.0) Copyright © 2009 by DIAL GmbH, Germany. El programa revela un mal dimensionamiento de iluminación:

TABLA 4.1. Iluminancia Distinta Áreas de Trabajo en UPSI. Iluminarias al 100%

Lugar	Valor medio obtenido (lx)	Valor recomendado (lx)	Excedente (lx)	Excedente %
Oficinas (GESE)	841	500	341	40,55*
Pasillos	550	100	450	81,82
Salas de reuniones	577	500	77	13,34
Servicios y aseos	350	100	250	71,43
Salas de descanso	541	100	441	81,52
Laboratorios (Electrónica)	952	500	452	47,48
Promedio:				56.02

Elaboración: Los Autores

5.3.1. **GESE: DISTRIBUCIÓN ACTUAL DE ILUMINARIAS FUNCIONANDO AL 60%**

Para el área de oficinas GESE (Grupo de Electricidad y Sistemas Electrónicos) se simuló este escenario atenuando la intensidad de las luminarias para que funcionen al 60% (debido al sobredimensionamiento del 40,55% según la Tabla 4.1, asterisco). Se tiene un valor de 492 lx, que se acerca mucho a la recomendación de 500 lx para oficinas.

TABLA 4.2. Iluminancia GESE. Distribución Actual de Iluminarias Funcionando al 60%

Superficie	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]
Plano útil	492	22	819
Suelo	273	16	593
Techo	94	41	174
Paredes	102	9.94	708

Elaboración: Los Autores

- Para éste escenario el ahorro es del 40%.

5.3.2. **GESE: DISTRIBUCIÓN ÓPTIMA DE ILUMINARIAS FUNCIONANDO AL 100%**

Ahora se ha hecho una redistribución de las lámparas, de tal modo que todas funcionen al 100%, con lo que no se necesita de todas las que actualmente existen, es decir, el número de ellas se redujo. La disposición que se debería tener para aprovechar las luminarias se la puede ver a continuación. Ésta tiene un menor número de lámparas que han sido ubicadas en función del área de trabajo, considerando los lx necesarios para cada función. Se ha disminuido el número de lámparas en 11; actualmente en el GESE existen 29 lámparas (3x17Watts) y con la redistribución óptima se han ubicado solamente 18 lámparas, que satisfacen los 500lux que se necesitan.

- La reducción representa el 38% de ahorro en este escenario.

TABLA 4.3. Iluminancia GESE. Distribución Óptima de Iluminarias Funcionando al 100%

Superficie	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]
Plano útil	531	24	830
Suelo	301	12	660
Techo	108	52	182
Paredes	101	9.98	307

Elaboración: Los Autores

5.3.3. **GESE: APORTE DE LUZ NATURAL**

Se realizó la simulación para crear un escenario (GESE) el cual se vea afectado por la luz natural que ingresa por las ventanas. La hora del día especificado es 10:00 am, sin aporte de luz artificial (luminarias funcionando al 0%) en época de verano. El simulador presenta el inconveniente de que no se puede combinar la iluminación artificial y la natural. Por tal motivo, se han desactivado todas las lámparas y los resultados obtenidos reflejan solamente la luminancia por luz natural.

El diagrama de Luminancia de la lámina 4/11 del Anexo 9 hace notar que para las áreas más cercanas a las ventanas a ciertas horas del día (en este caso 10:00am) no será necesario tener encendidas las lámparas, o en tal caso, realizar la atenuación debida. El sistema de control a través de las tecnologías analizadas anteriormente (de preferencia LCN ó KNX/EIB), podrían, a través de sensores de nivel de iluminación, hacer un control automático a lo largo del día para que las lámparas trabajen lo suficiente como para mantener el nivel recomendado para un área en específico.

5.3.4. **GESE: ZONIFICACIÓN PARA APORTE DE LUZ NATURAL**

Se puede configurar el sistema para que divida la habitación en circuitos de luminarias distintos, de tal forma que conforme avanza el día, las lámparas vayan incrementando su intensidad luminosa. Por ejemplo, a determinada hora de la tarde cuando existe un aporte de luz natural no tan significativo, las lámparas más cercanas a la ventana pueden estar funcionando al 25%; aquellas que estén a la mitad de la habitación, al 50% y las más alejas de las ventanas, al 100% (**Ver lámina 5/11 del Anexo 9**). Esto dependerá mucho de la cantidad de luz natural que ingrese y de la hora del día, por lo que los valores porcentuales deberán ser modificados en cada aplicación en particular.

TABLA 4.4. GESE. Ahorro por Zonificación (3 grupos)

Grupo	N° de luminarias encendidas	% de Iluminación	Potencia con Dimmer [W]	Potencia sin Dimmer [W]	Ahorro [W]	% Ahorro
A	7	25%	102,64	410,55	307,91	75%
B	6	50%	175,95	351,9	175,95	50%
C	5	100%	293,25	293,25	0	0%
Total	18		571,84	1055,7	483,83	45,83%

Elaboración: Los Autores

- Los resultados de la tabla 4.4 muestran que el ahorro para este escenario es del 45,83%.(Ver Figura 4.1)

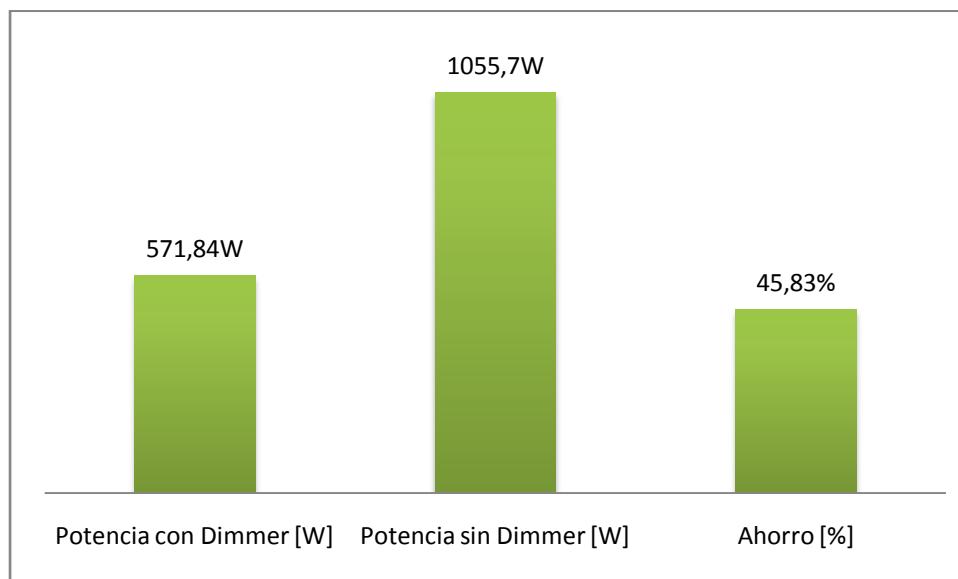


FIGURA 4.1. Ahorro por Zonificación para Aporte de Luz Natural

Elaboración: Los Autores

5.3.5. GESE: ZONIFICACIÓN POR OCUPACIÓN

En esta sección se ha hecho la simulación del sistema de control funcionando con sensores de presencia. En situaciones en que solamente se ocupen ciertas zonas de una habitación, el resto de áreas quedarán apagadas. En la Figura 4.2 se muestra el escenario en el que las luminarias se encienden sólo en las áreas donde se encuentran las personas.



FIGURA 4.2. GESE. Zonificación por Ocupación

Elaboración: Los Autores

Para el caso del GESE en el que hay personas trabajando en dos áreas, el ahorro es significativo, debido a que la mayoría de las luminarias permanecerían apagadas o atenuadas a un valor mínimo dependiendo del sistema de control.

- El ahorro previsto es del 66.7% mediante sensores de presencia para este escenario (Ver Figura 4.3).

TABLA 4.5. GESE. Ahorro mediante Zonificación por Ocupación

	Sin sensores ocupacionales	Con sensores Ocupacionales	Ahorro
Nº de lámparas encendidas	18	6	66.7 %
Potencia Consumida [W]	1055.7	351.9	703.8W

Elaboración: Los Autores

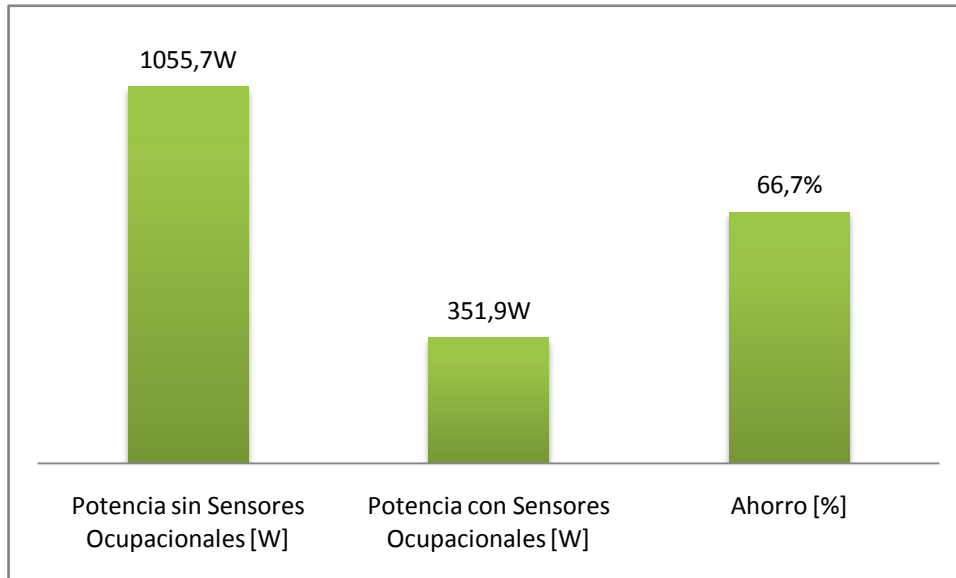


FIGURA 4.3. Ahorro mediante Zonificación por Ocupación

Elaboración: Los Autores

Estos escenarios simulados permiten visualizar ahorros en el orden del 38% al 67%, mediante un sistema de control que permita automatizar las instalaciones de iluminación en el edificio CITTES de la Universidad Técnica Particular de Loja. LCN podría ser la mejor alternativa para esta tarea, en vista de sus características y prestaciones de servicio no solo para iluminación, sino para todas las necesidades que el edificio presenta en otras áreas.

Algunos estudios realizados por el Programa Europeo GreenLight revelan que estos sistemas ahorran entre un 30 y 60% de la energía consumida en iluminación en edificios públicos. **(Ver Anexo 4).**

Si para este análisis, en el peor de los casos se lograra un ahorro solamente del 30%, el edificio CITTES dejaría de pagar USD 826 cada mes; resultados que se muestran en la Figura 4.4.

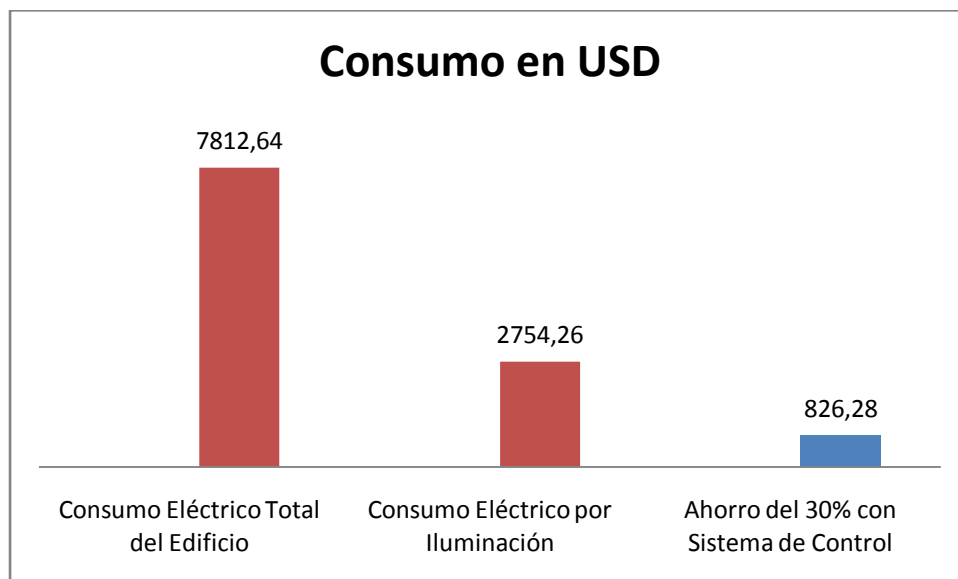


FIGURA 4.4. Consumo Eléctrico Total, Consumo por Iluminación y Ahorro mensuales en Dólares

Elaboración: Los Autores

CONCLUSIONES

- En Ecuador las tecnologías empleadas en el control lumínico eficiente, disponibles y que predominan en el mercado nacional son: X-10, KNX/EIB, LCN y Z-Wave.
- Se pudo efectuar el presente trabajo siguiendo una metodología basada en: documentación técnica (libros, documentos en línea y datos de fabricantes), entrevistas (visitas a constructoras, empresas y profesionales dedicados a domótica e inmótica) y experimentación (conocimiento de primera mano de los equipos y prueba del software de programación) que permitieron realizar la comparación entre las cuatro tecnologías.
- Para hacer una correcta elección de la tecnología a emplear en el edificio CITES de la UTPL se evaluó la misma en función de: instalación, funcionamiento y aplicación, velocidad de transmisión, alcance, arquitectura y topología, escalabilidad, flexibilidad, aprovechamiento de las instalaciones existentes, protección contra vulnerabilidad y economía en los equipos.
- El análisis comparativo de estos sistemas de control encontrados revela que existe una convergencia en cuanto a:
 - a. *Disminución de Cableado y Hardware:* a través de un único estándar que manejen varios grados de complejidad y funcionalidad pero manteniendo la compatibilidad y que permita un sistema escalable.
 - b. *Intercambiabilidad de Elementos:* sistemas abiertos para estaciones de supervisión, dispositivos de control, sensores, actuadores y red de comunicación. Si se requiere de dispositivos más potentes debido a la evolución de condiciones, se sustituye el elemento por otro más potente sin alterar el resto del sistema.
 - c. *Módulos Plug & Play:* fácil y rápida expansión del sistema mediante la adición de módulos de software o hardware que reconozcan y configuren los dispositivos y aplicaciones al momento de su instalación.
 - d. *Multiplicidad de funciones:* sistemas que integren múltiples funciones bajo un mismo estándar; funciones como iluminación, calefacción,

seguridad, control de acceso, gestión de cargas eléctricas, motores y bombas, telecomunicaciones, audio, video, etc.

e. *Manejo Remoto*: interfaces que permitan la conexión a Internet para poder realizar cambios en la configuración y controlar desde fuera todas las funciones del sistema.

- Son preferentemente para aplicaciones de hogar las tecnologías: X-10 y Z-Wave; en tanto que LCN y KNX/EIB se pueden emplear en aplicaciones de hogar, edificios e industria.
- Las tecnologías propietarias aunque pueden resultar costosas y difíciles de modificar, garantizan la compatibilidad universal. Tal es el caso de LCN y Z-Wave.
- El factor más notable a la hora de evaluar el ahorro es el económico (planilla eléctrica), pero existen otros factores “ocultos” cuyos resultados se podrán ver a largo plazo, como son: la reducción del consumo eléctrico, la disminución de la contaminación ambiental, el incremento del tiempo de vida de las instalaciones y equipos, mayor confort para los usuarios, facilidad de mantenimiento de las instalaciones, dotación de seguridad, incremento de rentas por alquiler o venta para los propietarios, estatus, entre otras.
- Se pueden lograr ahorros entre el 30% y el 60% en energía eléctrica por concepto de iluminación implementando un sistema de control. Este ahorro varía de acuerdo a la “inteligencia” con que se dote al sistema.
- Para el edificio CITTES de la UTPL, la tecnología más acertada para realizar el control de las instalaciones de iluminación es LCN, teniendo en cuenta su robustez, confiabilidad, facilidad de instalación, velocidad, escalabilidad y alcance.
- Instalando una tecnología (LCN) en el edificio CITTES, que ahorre al menos el 30% de la iluminación consumida, mensualmente se estaría economizando alrededor de 826 dólares.

RECOMENDACIONES

- El Estado debería preocuparse por realizar un estudio del uso final de la energía eléctrica en el país, que sea actualizado periódicamente, con el objeto de: determinar la demanda energética y conocer cuánta energía se necesita generar y tener indicadores los cuales sirvan de base para tomar decisiones en cuanto al uso eficiente de la energía, como por ejemplo, el dotar de sistemas de control a edificios públicos.
- Antes de instalar un sistema de control para iluminación, se debe contar con que el sistema de iluminación convencional esté dimensionado de la manera adecuada a las necesidades, que las luminarias escogidas sean las más eficientes y que los ambientes (color y material de las paredes techo y suelo) sean los más idóneos para garantizar que el consumo energético sea el menor posible.
- Si se desea que el sistema de control aproveche la luz natural y lo que se quiere regular es la intensidad luminosa de lámparas fluorescentes, se debe adquirir balastos electrónicos regulables. Tómese en cuenta que el costo de estos dispositivos incrementa los costos del sistema.
- Para los edificios de nueva construcción se recomienda proveer a la instalación de canalización y cable para la transmisión de datos, audio y video. Esto facilitará el trabajo si en un futuro se dota de inteligencia al inmueble.
- Es recomendable siempre optar por sistemas flexibles, por motivo de remodelaciones o ampliaciones futuras.
- Es muy importante tener en cuenta la disponibilidad de proveedores de la tecnología elegida en el medio cercano, de ser posible en el propio país.
- Con el debido mantenimiento de los equipos se permitirá incrementar el ahorro por consumo lumínico. El mantenimiento incluye:

- Limpieza de las lámparas.
- Sustitución de lámparas. Es recomendable reemplazarlas al final de la vida útil indicada por el fabricante; aunque no aún estén en funcionamiento, su eficacia habrá disminuido. Para instalaciones grandes, es mejor hacer la sustitución por grupos para mantener los niveles de luz apropiados.
- Revisión periódica del estado de los distintos componentes de la instalación.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Romero Cristóbal, Vásquez Francisco y Castro, Carlos. DOMOTICA e INMOTICA (Viviendas y Edificios Inteligentes). Alfaomega. México. 2007.
- [2] Cuevas Juan C., Martínez Jesús y Merino Pedro. El Protocolo x10: Una solución Antigua a Problemas actuales. [En Línea] Universidad de Málaga. Disponible en <http://tdg.lsi.us.es/~sit02/res/papers/cuevas.pdf>
- [3] Rodríguez Yoana y Vidal Miguel. Redes Domóticas. [En Línea]. Universidad de Valladolid. Disponible en www.infor.uva.es/~jvegas/docencia/ar/seminarios/redesDomoticas.pdf
- [4] Moya Francisco. Infraestructura de comunicaciones para la creación, modelado y gestión de servicios y redes para el hogar. [En Línea]. Universidad Politécnica de Madrid. 2003. Disponible en: <http://arco.infcr.uclm.es/~paco/main.pdf>
- [5] Ansón Rafael, García Roberto, García Villarco y Monzón Javier. Redes de Datos y Servicios Multimedia Trabajo Final EIBus. [En Línea]. Disponible en http://casafutura.diatel.upm.es/rrssmd/trabajos/2003/word/Wt11%20EIBUS%20%28R_Garcia,%20J_Monzon,%20R_Quintana%29.pdf
- [6] Moreno Óscar, Aller José Luis y Pulido Iván. Domótica (Instalación y Simulación). Universidad Politécnica de Catalunya. Diciembre de 2001.
- [7] Jiménez Rafael. Proyecto de Infraestructuras Comunes de Telecomunicación en edificios singulares. Universidad Politécnica de Catalunya, Enero de 2003
- [8] Lozano Pastor. La reglamentación ICT y su aplicación práctica en inmuebles. Fundación Tecnologías de la Información, Colegio Oficial de Ingenieros Técnicos de Telecomunicación, Madrid, Febrero 2001.
- [9] Roldán Moreno y Díaz Andrés. Utilización Racional de los Sistemas de Iluminación Interior. Departamento de Expresión Gráfica, Diseño y Proyectos. E.T.S.I.I. y E.U.P. Universidad de Málaga. s/a.
- [10] Stipis Shuming Li. Intelligent Building Systems: System Integration Using ATM. University of Sussex. 1998.

[11] García Nicolás, Almonacid Miguel, Saltarén Roque y Puertol Rafael. Autómatas Programables: Teoría y Práctica. Editorial: Universidad Miguel Hernández. 2000

[12] Pérez Julio César. “El futuro. Predicciones sobre la arquitectura y edificios inteligentes”. Revista Enlace. México: Colegio de Arquitectos de México, A.C. 3 (9): 52-57. Revista Digital universitaria 1 julio de 2000.

[13] Huidrobo J. y Millan R. Domótica, Edificios Inteligentes. Creaciones Copyright. Lima - Perú 2004.

[14] Delgado Luis Eduardo, Moreno Daniel y Veliz Ninfa. Diseño Para El Control de un Hogar Inteligente Mediante el uso del Sistema Domótico X-10 por medio de la Red Eléctrica. Escuela Superior Politécnica Del Litoral. Guayaquil – Ecuador 2007

[15] Rey Francisco y Velasco Eloy. Eficiencia Energética en Edificios. Certificación Y Auditorías Energéticas. España 2006.

[16] s/a. European Installation Bus System Specification. European Installation Bus Association Handbook Series. Vol I, versión 1.0, July 1999.

[17] Badgery J. Lighting controls systems practical experiences. 35th IESANZ National Cnvention, Auckland. 1989

[18] Crisp V. Lighting Controls to Save Energy PD 33/82, BRE (Building Research Establishment), Department of Environment, United Kingdon. 1982

[19] Bryan H. y Bazjanac V. In Proceedings of the 1983 International Daylighting Conference, Feb. 1983; Ed. Thomas Vonier, p. 192.

[20] Vásquez Jorge, Armesto Tristán y Dri Elena. Análisis del comportamiento lumínico en edificios mediante herramientas digitales. Centro de Estudios del Ambiente Humano Facultad de Arquitectura, Planeamiento y Diseño, Universidad Nacional de Rosario, Argentina. 1997.

Páginas WEB:

[21] Chaparro Jeffer. “Domótica: La mutación de la Vivienda”, Revista Electrónica de geografía y Ciencias Sociales, Vol. VII, No. 146, Barcelona, Universidad de Barcelona, 2003. [http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-146\(136\).htm](http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-146(136).htm). Consultada el 25 de Marzo de 2009

[22] s/a. La historia de X10 por uno de sus pioneros. Consultada el 28 de Marzo de 2009 http://www.domotica.net/La_historia_de_X10_por_uno_de_sus_pioneros.htm

[23] Huidrobo José Manuel. Edificios Inteligentes y Domótica. <http://www.monografias.com/trabajos14/domotica/domotica.shtml>. Consultada el 28 de Marzo de 2009

[24] s/a. Konnex Association and it's Standard. www.konnex.org. Consultada el 30 de Marzo de 2009.

[25] s/a. EIB, Informacion del sistema. <http://www.eiba-es.com>. Consultada el 30 de Marzo de 2009.

[26] s/a. s/t. <http://www.nova.es/~mromero/domotica/domotica.htm>. Consultada el 24 de Abril de 2009.

[27] s/a. OSRAM. <http://catalog.myosram.com/>. Consultada el 24 de Abril de 2009

[28] s/a. s/t. www.casadomo.com. Consultada el 30 de Abril de 2009

[29] s/a. Qué es X10. Casa Inteligente. <http://www.casainteligente.com/x10/x10.htm>. Consultada el 15 de Mayo de 2009.

[30] s/a. Technology Transmission Theory: X10. <http://www.x10.com/technology1.htm>. Consultada el 22 de Mayo de 2009

[31] s/a. The KNX Standard. <http://www.konnex.org>. Consultada el 22 de Mayo de 2009.

[32] s/a. Descripción del Sistema LCN. Issendorff Mikroelektronik. <http://www.lcn-iberica.com>. Consultada el 22 de Mayo de 2009

REFERENCIAS

- [1] Ministerio de Energía y Minas. Situación Energética actual-PAE. Quito: s/n., 2002
- [2] Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. Subsecretaría de Política Energética. Consultoría, Estudio de Demanda por Subsectores y Usos Finales de Energía Eléctrica. Quito – Ecuador 2008. www.mer.gov.ec
- [3] Instituto de la energía “Gral. Mosconi”. Sector Energético República Argentina – Anuario 1998, IAE 1999.
- [4] Chilectra Metropolitana. Estructura del consumo Eléctrico Chileno, por sectores y usos 1994. Santiago de Chile Enero de 1995.
- [5] Instituto Mexicano del Edificio Inteligente. <http://www.imei.org.mx/>
- [6] Torres Esperanza. “Análisis Cualitativo de los Sistemas de Telecomunicación y Computación en Edificios”. Universidad Nacional Autónoma de México. Revista Digital Universitaria. Vol.1 No. 1. 1ero de Julio de 2000
- [7] Bratu Neagu y Campero Eduardo. Instalaciones Eléctricas. Conceptos básicos y diseño. 2da edición. Ediciones Alfaomega S.A. Mexico 1992
- [8] Assaf Leonardo. Proyecto Eficiencia y sostenibilidad en la iluminación de recintos urbanos y edificios. Departamento de Luminotecnia Luz y Visión. Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología de la Universidad Nacional de Tucumán, República Argentina.
www.herrera.unt.edu.ar/dllyv/publicaciones/manualeli/cap07.pdf.
- [9] Romero Cristóbal, Vásquez Francisco y Castro Carlos. Domótica e Inmótica (Viviendas y Edificios Inteligentes). Alfaomega. México. 2007
- [10] s/a. X-10. Technology Transmission Theory. <http://www.x10.com/technology1.htm>
- [11] Issendorff Mikroelektronik. Descripción del Sistema LCN. <http://www.lcn-iberica.com>
- [12] Pozo Rubén Ing. Electrocitcity. Cuenca – Ecuador. www.electrocitcity.com.ec
- [13] s/a. Z-Wave TM Módulos – ZM2102. www.zen-sys.com.

[14] Enciclopedia en línea Wikipedia. Z-Wave. http://en.wikipedia.org/wiki/Z-Wave#Radio_specifications

[15] Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A. Planilla Eléctrica UPSI 2008

[16] Bryan H. y Bazjanac V. Proceeding of the 1983 International Daylighting Conference, Feb. 1983; Ed. Thomas Vonier, p. 192.

[17] Programa Europeo GreenLight: www.eu-greenlight.org

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Eficacia luminosa

La eficacia luminosa de una fuente de luz es el flujo de luz que emite dividida por la potencia eléctrica consumida en su obtención

Lámparas de descarga

Constituyen una forma de producir luz más eficiente y económica que las lámparas incandescentes. La luz se consigue por excitación de un gas sometido a descargas eléctricas entre dos electrodos. A diferencia de la incandescencia, la tecnología de descarga necesita un equipo auxiliar (balasto, cebador) para su funcionamiento.

Luminarias

Elementos pasivos, que son los artefactos encargados de distribuir adecuadamente el flujo luminoso emitido por las lámparas.

Balastos

Elementos activos, necesarios para el encendido y el correcto funcionamiento de las lámparas.

Flujo Luminoso, Φ [lm, lumen]

Las fuentes de luz se comportan como emisores de radiación electromagnética, emitiendo un flujo energético. El flujo luminoso es la cantidad de flujo energético en las longitudes de onda para las que el ojo humano es sensible emitido por unidad de tiempo, es decir, expresa la cantidad de luz emitida por la fuente por segundo.

Intensidad Lumínica, I [cd, candela]

Flujo emitido por una fuente de luz en una determinada dirección del espacio. La dirección se indica mediante el ángulo sólido (ϖ), o ángulo estéreo que corresponde a un cono cuyo eje es la dirección en que se considera la intensidad, medido en estereorradianes.

Iluminancia, E [lux, lm/m²]

La iluminancia o nivel de iluminación, indica el flujo luminoso que recibe una superficie por unidad de área. Se define la iluminancia mantenida (E_m) como el valor por debajo del cual no se permite que caiga la iluminancia media en una superficie determinada, para la adecuada realización de una tarea.

Luminancia, L [cd/m²]

Relación entre la intensidad luminosa de un objeto y su superficie aparente vista por el ojo, es equivalente al “brillo de una superficie”. Esta magnitud se aplica cuando se mira a una fuente de luz (luminancia directa) o a luz reflejada por una superficie (luminancia reflejada).

Índice de Reproducción Cromática, Ra, IRC

Define la capacidad de una fuente de luz para reproducir el color de los objetos que ilumina. Toma valores entre 0 y 100, correspondiendo valores más altos de índice a mayor calidad de reproducción cromática. La norma UNE – EN 12464 – 1:2003 sobre iluminación para interiores, no recomienda de Ra menores de 80 para iluminar interiores en los que las personas trabajan o permanezcan durante largos períodos.

Factor de simultaneidad

Durante el funcionamiento de la instalación debe tenerse en cuenta que existe la posibilidad de que no se conecte toda la potencia simultáneamente, por lo que se define el *factor de simultaneidad* como la relación entre la *potencia máxima consumida sobre la potencia total instalada*.

En general, para instalaciones pequeñas puede tomarse ese factor igual a uno, dado que es probable que puedan llegar a conectarse todos los artefactos en forma simultánea, pero a medida que el tamaño de la instalación aumenta este factor decrece.

Iluminancia Horizontal de Servicio (Es)

La iluminación horizontal de servicio es aquella que incide sobre un plano, llamado plano de trabajo, situado alrededor de 0,75m (sentado) a 0,85m (de pie) sobre el suelo. Este nivel de iluminación está condicionado por la actividad a realizar en el

lugar en cuestión, es así que para cada sitio de actividades se determina un nivel de iluminancia horizontal de servicio distintas de acuerdo a las necesidades.

Potencia Instalada

La potencia instalada se calcula multiplicando el número de lámparas por su potencia unitaria, teniendo en cuenta que en la potencia de la lámpara es necesario incluir la potencia del equipo auxiliar (en caso de que la lámpara lo requiera).

Horas de Uso

Las horas de uso de una instalación dependen de los patrones de ocupación del espacio, la luz natural disponible y el sistema de control usado.

Consumo Energético

El consumo energético se calcula multiplicando la potencia instalada (potencia de lámpara + potencia del balasto) por las horas de uso, por el factor de simultaneidad, y por los días del mes en los que se encienden las luminarias.

ANEXOS

ANEXO 1: Norma UNE – EN 12464 – 1:2003

La Norma Europea UNE – EN 12464 – 1, respecto a la iluminación en los lugares de trabajo en interior, define los parámetros recomendados para los distintos tipos de áreas, tareas y actividades. Las recomendaciones de esta norma, en términos de cantidad y calidad de alumbrado, contribuyen a diseñar sistemas de iluminación que cumplen las condiciones de calidad y confort visual, y permiten crear ambientes agradables para los usuarios de las instalaciones. El objetivo es conseguir una mayor eficiencia energética en las instalaciones de los edificios reduciendo hasta un 22% los consumos específicos.

Tabla A1.1. Norma Europea UNE – EN 12464 – 1. Oficinas

OFICINAS		
Lugar o actividad	Es (lux)	Observaciones
Archivos, copiadoras, áreas de circulación	300	
Lectura, escritura, mecanografía, proceso de datos	500	Acondicionar las pantallas de visualización
Dibujo técnico	750	
Diseño asistido (CAD)	500	Acondicionar las pantallas de visualización
Salas de conferencia y reuniones	500	
Puestos de recepción	300	
Almacenes	200	
Pasillos y vías de circulación	100	
Servicios y aseos	100	
Salas de descanso	100	

Fuente: UNE-EN 12464-1:2003 Iluminación en los Lugares de Trabajo

Tabla A1.2. Norma Europea UNE – EN 12464 – 1. Edificios Educativos

EDIFICIOS EDUCATIVOS		
Lugar o actividad	Es (lux)	Observaciones
Aulas, aulas de tutoría	300	La iluminación debería ser controlable
Aulas para clases nocturnas y educación de adultos	500	La iluminación debería ser controlable
Sala de lectura	500	La iluminación debería ser controlable
Pizarra	500	Evitar reflexiones especulares
Mesa de demostraciones	500	En salas de lectura 750 lux
Aulas de arte	500	
Aulas de arte en escuelas de arte	750	
Aulas de dibujo técnico	750	
Aulas de prácticas y laboratorios	500	
Aulas de manualidades	500	
Talleres de enseñanza	500	
Aulas de prácticas de música	300	
Aulas de práctica de informática	300	
Laboratorio de lenguas	300	
Aulas de preparación y talleres	500	
Halls de entrada	200	
Área de circulación, pasillos	100	
Escaleras	150	
Aulas comunes de estudio y salas de reunión	200	
Salas de profesores	300	
Biblioteca, estanterías	200	
Biblioteca: salas de lectura	500	
Almacenes de material de profesores	100	
Sala de deporte, gimnasios, piscinas, uso general	300	Para actividades más específicas se deben usar los requisitos de la Norma EN

		12193
Bares escolares	200	
Cocina	500	

Fuente: UNE-EN 12464-1:2003 Iluminación en los Lugares de Trabajo

Iluminancia Horizontal de Servicio (Es)

Los valores dados en las tablas corresponden a los niveles de iluminación medidos en medio del período transcurrido entre la puesta de servicio de la instalación y el primer mantenimiento. Se refieren al promedio interior considerado globalmente y a un plano horizontal de trabajo situado a 75cm por encima del nivel del suelo. Cuando la zona de trabajo está en diferente posición, el nivel de iluminación recomendado debe considerarse en dicha posición. El valor medio en todos los puestos de trabajo no debe ser inferior al 0,8 del nivel de iluminación recomendado^[7], cualquiera que sea la antigüedad de la instalación, ya que con el tiempo el nivel de iluminación va decayendo debido a la pérdida de flujo de la propia fuente de luz, así como a la suciedad acumulada en luminarias, techos y suelos. Estos valores tienen en cuenta aspectos psico-fisiológicos, como el confort visual y el bienestar, ergonomía visual, experiencia práctica, seguridad y economía.

ANEXO 2: Código Técnico de la Edificación

El Código Técnico de la Edificación aprobado el 17 de Marzo de 2006 es una norma Española de referencia para la construcción de edificios, que establece los mínimos obligatorios para edificios de viviendas, como los de uso comercial, docente, sanitario, deportivo, industrial o sociocultural.

Una de las exigencias básicas de ahorro de energía, dentro del Código Técnico de la Edificación, es la HE3 –**Eficiencia Energética de las Instalaciones de Iluminación**–. La HE3 establece que los edificios dispondrán de instalaciones de iluminación adecuadas a las necesidades de sus usuarios y a la vez eficaces energéticamente, contando con un sistema de control que permita ajustar el encendido a la ocupación real de la zona, así como un sistema de iluminación que optimice el aprovechamiento de la luz natural en aquellas zonas que reúnen unas condiciones adecuadas. Los apartados principales que incluye son:

- Valores de eficiencia energética mínima para cada tipo de edificio y utilización. El parámetro utilizado para medir esta eficiencia es el **Valor de Eficiencia Energética: $VEE = W/m^2$ por cada 100 lux.**
- **Sistemas de Control y Regulación:** Hace obligatorio el uso de sistemas de control básicos para cada zona (prohíbe explícitamente el encendido y apagado solo manual), detección de presencia en zonas de uso esporádico y regulación en las luminarias más cercanas (a una distancia de 3m o inferior) a las ventanas en función de la luz natural.
- **Diseño y Dimensionamiento de la Instalación:** La norma UNE 12464-1 es de obligado cumplimiento.
- **Características de los productos:** Se establecen los valores máximos de consumo para cada tipo de punto de luz. No se podrán comercializar balastos que no sean de bajas pérdidas o alta frecuencia. Todas las luminarias deberán contar con un certificado del fabricante que acredite la potencia total consumida.
- **Mantenimiento y Conservación:** Se hace obligatorio que todas las instalaciones tengan un plan que garantice los niveles de eficiencia energética y los parámetros de iluminación. Este documento incluirá, entre otras informaciones, el período de reposición de las lámparas y la limpieza de las luminarias.

ANEXO 3. Descripción de Equipos

Tabla A3.1. Descripción de Equipos x-10

Descripción	Dispositivo	Precio USD
Módulo para Lámparas Incandescentes 300W		25
Módulo para Lámparas Fluorescentes 15A o 500W		30
Active Home Professional Software		120
Switch Dimmer para Incandescentes 500W		40
Sensor de Movimiento Active Eye		45
Palm Pad. Para control de hasta 16 dispositivos Controla además intensidad de luces incandescentes.		25
Control Remoto Universal para control de luces, persianas, tv, DVD equipos de sonido y cable conectados al sistema		50

Fuente: Casa Domo Loja - Ecuador. Ing. Ramiro Jiménez Gerente. Precios al 2009

Tabla A3.2. Descripción de Equipos Konnex/EIB

Descripción	Dispositivo	Precio USD
Actuador Multifunción ACTinBOX 6 entradas binarias/4 salidas 10A: (4 on/off o 2 persianas)		252
Actuador Multifunción ACTinBOX 6 salidas 10A:		252
Pantalla Táctil InZennio Z38. Permite el control de iluminación, persianas, celosías, toldos, puertas, aire acondicionado, termostato, seguridad y todo tipo de accionamientos		287
Mando IR para pantalla InZennio Z38 12 teclas dobles		21
Fuente de Alimentación KNX Zennio 160mA		224
Sensor de Luminosidad		390
Cable bus de 2 pares, 1m		1,19
Software ETS Combridge Studio Suite		910

Fuente: www.eib_shop.es. Futurasmus. Precios al 2009

Tabla A3.3. Descripción de Equipos LCN

Descripción	Dispositivo	Precio USD
LCN-UPP, módulo sensor/actuador para caja empotrada. Rendimiento 2X300VA		213
LCN-SH+, módulo conector y regulador para carril DIN. Rendimiento 2x300VA.		214
LCN-SHS Módulo estándar para carril DIN (sensor). Módulo para expansión y llegada de sensores		135
LCN-GT12, teclado táctil de crista. 12 superficies sensoriales táctiles capacitivas con señalización LED de estados		---
LCN-BMI, detector de movimiento infrarrojo para interiores. Registra los cambios de la radiación térmica. Alcance de 8m con aproximadamente 115 grados.		73
LCN-RR, receptor infrarrojo para conexión con los módulos UPP, SH+. Recapta hasta 48 comandos, 1000 códigos de acceso y 16 millones de claves. Longitud del conductor de 30cm y con acople hasta 100m		29
LCN-LSH, sensor de luz para carril DIN para interiores. Registra valores de luz de 10lux hasta 100.000lux. Longitud del conductor del sensor 1-100m.		182
LCN-RT, mando a distancia pequeño 4 teclas. Transmite informaciones de 48bits (4 veces más que un transmisor convencional). Tres operaciones distintas por tecla (corto, largo, soltar). Respalda 4 niveles de teclas; se tienen 16 teclas a disposición.		57
LCN-PRO, software de configuración. Basado en un banco de datos (datos de proyecto) en el cual se archiva y almacena la programación de los módulos. La programación y modificación se puede realizar en línea o fuera de línea.		1.070

Fuente: LCN Ecuador (Cuenca). Ing. Ismael Minchala. Precios a Junio de 2008

TABLA A3.4. Descripción de Equipos Z-Wave

Descripción	Dispositivo	Precio USD
Base, Núcleo del sistema Z-Wave que se comunica con el control remoto portátil para la programación de cada nodo y terminal en la red.		200
Control remoto. Cada botón es personalizable para una actividad. Permite incluir o excluir elementos		250
Módulo para Lámpara, Permite operaciones de encendido, apagado y dimerización hasta 300W para lámparas incandescentes.		56
Teclado controlador de 4 botones con capacidad IR.		113
Sensor de Función Múltiple, 4 funciones en uno: sensado de iluminación, temperatura, movimiento y nivel de batería.		70
Interruptor Inalámbrico, Para control de una sola escena lumínica.		65
Switc Dimmer Inalámbrico para lámparas incandescentes		140
Mando a distancia con pantalla a color. Hasta 15 componentes. Control video, audio, juegos y luces		630
Software para el control domótico Homeseer v.2.0. Control de iluminación, aparatos, seguridad, climatización, audio, video. Capacidad para monitoreo remoto a través de Internet.		290

Fuente: www.homeseer.com. Home Automation Systems. Precios al 2009

ANEXO 4: Referencias de Instalaciones con Sistemas Automáticos de Control

Las instalaciones con sistemas de control lumínico realizadas en diversos países muestran, por lo general, excelentes resultados, lo que alimenta las expectativas para la adopción de esta tecnología en nuestro país.

En Gran Bretaña se registraron los siguientes resultados:

TABLA A4.1. Ahorro de Energía con Sistemas de Control en edificios remodelados en Inglaterra.

Edificio	Uso del edificio	Ahorro de energía	Periodo de recuperación simple de capital (años)
Chase Manhattan	Oficina	64%	3,5
GEC Turbines	Oficina	40%	3
Gwent CC	Oficina	75%	7
IBM – Greenlock	Oficina	S/d	1,9
Jacobs Well	Oficina	36%	0,8
Porthmouth	Oficina	40%	1,8
Racal Decca	Oficina	75%	1,5
Vandyke School	Escuela	S/d	1,7
Avon Cosmetics	Fábrica	28%	2,1
Romford Brewery	Fábrica	50%	2,5
Brooke Bond	Almacén	S/d	3
BT, Birmingham	Almacén	47%	1
Unimart, Cowley	Almacén	85%	1,8

Fuente: Slater y Wilson, 1994; Crisp, 1982

Más promisorios aún, son los resultados que se declaran haber conseguido en Australia, país con recursos de alumbrado natural similares a los de la República Argentina, y que se muestran en la tabla A4.2.

TABLA A4.2. Ahorro de Energía mediante Sistemas de Control en Edificios de Australia

Edificio	Ahorro de Energía
Consejo de Melbourne (talleres)	62%
Hospital Dental de Adelaide	60%
Escuela Panorama	57%
Oficinas Servicio de Energía	45%
Edificio Capita	56%
Oficina de teléfonos	64%

Fuente: Slater y Wilson, 1994; Crisp, 1982

PROGRAMA GREENLIGHT ^[17]

El Programa Greenlight es una iniciativa de la Comisión Europea que ha sido puesto en acción a partir de Febrero de 2000 y de carácter voluntario. Tiene como objetivo reducir el consumo en iluminación interior en el sector de edificios no residencial y alumbrado público. De esta forma se trata de reducir el nivel de contaminación y limitar el calentamiento global.

Las empresas y organizaciones adheridas a este programa se comprometen a mejorar la iluminación de sus edificios instalando la tecnología de iluminación más eficiente energéticamente disponible en el mercado, llegando a resultados de entre un 30 a un 50% de ahorro de electricidad.

Algunos ejemplos son:

IDAE (Instituto para la Diversificación de la Energía; Coordina el programa GreenLight en España).

Tabla A4.3. Acciones tomadas en la Sede IDAE

SEDE IDAE	
Acción	Repercusión
Sustitución de luminarias existentes por otras más eficientes	Reducción de iluminarias instaladas y disminución del consumo eléctrico
Zonificación de las distintas áreas de trabajo	Sólo se ilumina las zonas precisas en cada momento y no la totalidad de la planta
Aprovechamiento de la luz natural, instalación de fotosensores en luminarias próximas al patio central y a la calle	Sólo cuando es necesario las lámparas funcionan al 100% de su flujo
Instalación de interruptores temporizados en escaleras y baños	Las iluminarias se encienden un determinado tiempo en zonas de uso esporádico

Fuente: Programa Europeo GreenLight

Tabla A4.4. Detalle de Comparación en la Sede IDAE

SEDE IDEA		
	INSTALACIÓN ANTIGUA	INSTALACIÓN NUEVA
Luminaria predominante (zona de trabajo)	2x55W (110W)	3x14W (42W)
Reactancia	Electrónica	Electrónica
Potencia instalada (W)	83 316	46 572
Consumo (kWh/año)	237 462	84 785
Coste inicial (euros)	128 000	128 000
Coste anual de explotación (euro/año)	13 344	4 765

Fuente: Programa Europeo GreenLight

Mediante estas acciones se han conseguido los siguientes resultados:

Tabla A4.5. Resultados obtenidos en la Sede IDAE

SEDE IDAE RESULTADOS	
Reducción en kW instalados	50%
Reducción en el consumo eléctrico	64%

Fuente: Programa Europeo GreenLight

CARREFOUR Italia

Tabla A4.6 Ejemplo Carrefour Italia

CARREFOUR Italia		
Acciones	Resultados	
Cambio de antiguas e ineficientes luminarias suspendidas. Balastos electrónicos regulados en función de la luz natural; regulación antes y después de las horas de apertura y cierre	Ahorro en energía eléctrica en iluminación	423 000kWh/año
	Reducción de potencia	80kW
	Reducción de electricidad usada en las áreas cubiertas	31%
	Ahorro de energía	42 300 euros por año
	Período de amortización (teniendo en cuenta el coste del equipo y la instalación)	3 años

Fuente: Programa Europeo GreenLight

Torre Agbar (Aguas de Barcelona)

Su diseño se caracteriza por no tener ningún obstáculo exterior que dificulte la entrada de luz; la fachada está acristalada en su totalidad con láminas de cristal de distintas tonalidad e inclinación en función de la zona de la torre. La iluminación está regulada en su totalidad en función del aporte de luz natural, a través de detectores de movimiento y sistemas de control horario.

Los balastos empleados son electrónicos lo que permite una regulación del nivel de regulación de 3 al 100%. La triple regulación permite un ahorro energético considerable:

- Si sólo se tiene en cuenta la regulación por aporte de luz natural se ahorra un 42%.
- Si además se regula gracias a detectores de movimiento, el ahorro es de 50%.
- Si a los anteriores se les une el control horario, el ahorro sube hasta el 60%.

Este ahorro energético se traduce en un importante ahorro económico:

Tabla A4.7. Acciones tomadas en la Torre Agbar (España)

Acción	Coste
Inversión	330 000 euros – 1 029 euros/kW
Regulación para el aprovechamiento de luz natural	225 000 euros
Pasar de luminarias de no regulables a luminarias regulables	65 000 euros
Cableado	40 000 euros
AHORRO TOTAL:	65 000 euros por año
Sólo por regulación por luz natural	42 153 euros por año

Fuente: Programa Europeo GreenLight

Los costes de mantenimiento y reposición se ven reducidos entre un 40 y 60% respecto a los que se tendría de no haber instalado los sistemas de regulación.

El período de retorno de la inversión está cifrado en 4,5 años.

Edificio de Oficinas (EADS - CASA)

El edificio cuenta con la totalidad del alumbrado regulado, salvo en los cuartos de limpieza y halls de entrada.

La regulación es de dos tipos:

- La regulación en función del aporte de luz natural, posible gracias a los ventanales de grandes dimensiones que dispone el edificio.
- Regulación del nivel de iluminación, ya que el nivel instalado (700 lux) es superior al nivel mantenido requerido para el alumbrado de oficinas (500 lux).

En el sistema de regulación se ha empleado dos tipos de luminarias, ambas con lámpara fluorescente compacta y balasto electrónico.

Para realizar la regulación se ha instalado dos tipos de sensores:

- Sensores de luz interna, para mantener el nivel requerido de iluminación (500 lux) en cualquier situación, tanto se existe aporte de luz natural como si no.
- Sensores de movimiento, para regular un porcentaje determinado en el alumbrado cuando no existe presencia en la zona durante el horario laboral y apagarlo fuera del horario normal de trabajo.

En total el edificio cuenta con una potencia instalada en iluminación de 9,85W/m², de los que se encuentran regulados 185,7 kW (2 565 luminarias).

Mediante el software del sistema de regulación es posible conocer el número de horas de funcionamiento totales de las lámparas en un período determinado, a través de un contador que va acumulando las horas que han estado encendidas cada una de las luminarias. De igual forma, si las lámparas han estado variando su flujo luminoso, obedeciendo a los sensores de luz internos, el sistema calcula las horas equivalentes de funcionamiento de las lámparas funcionando al 100% de su flujo.

Gracias a la regulación, las lámparas han funcionado por debajo de su flujo máximo (101 850 horas), esto equivale 50 566 horas funcionando al 100% del flujo. Por tanto se puede deducir que el ahorro en consumo de energía eléctrica es del 51%. De este ahorro, el 25% es debido a la regulación para disminuir el nivel de iluminación de 700 a 500 lux, y el 26% es debido al aprovechamiento de la luz natural.

Auditorías Energéticas

En varios edificios municipales españoles donde se han realizado auditorías energéticas, se ha recomendado la instalación de sistemas controladores de luz en las luminarias.

Estos equipos regulan el flujo luminoso en función de la cantidad de luz existente en cada momento, permitiendo alcanzar ahorros de hasta un 25% en el consumo eléctrico de las lámparas y aumentar su vida útil.

ANEXO 5: Cálculos

Consumo Eléctrico por Iluminación para una sola la planta (UPSI)

Tabla A5.1. Consumo Mensual en iluminación. Planta UPSI.

Área	N° Lamparas	Descripción	P. Instalada (Watts)	Pérdida Balasto (Watts)	Horas de uso	Factor de simultaneidad	Consumo por mes kWh	Consumo por mes USD
Gese	29	3x17	1479	221,85	14	0,61	377,66	43,43
Sala A	8	3x17	408	61,2	14	0,61	104,18	11,98
Oficina A	2	3x17	102	15,3	14	0,61	26,05	3,00
Oficina B	3	3x17	153	22,95	14	0,61	39,07	4,49
Secretaría	6	3x17	306	45,9	14	0,61	78,14	8,99
Sala B	12	3x17	612	91,8	14	0,61	156,27	17,97
SIG	23	3x17	1173	175,95	14	0,61	299,52	34,44
Sistemas	68	3x17	3468	520,2	14	0,61	885,54	101,84
Telecomunic	31	3x17	1581	237,15	14	0,61	403,70	46,43
Pasillo A	15	3x17	765	114,75	14	0,61	195,34	22,46
Soporte Téc	27	3x17	1377	206,55	14	0,61	351,61	40,44
Escaleras	4	3x17	204	30,6	14	0,61	52,09	5,99
Bodega	1	3x17	51	7,65	1	0,61	0,93	0,11
Baños Damas	2	4x20	160	24	14	0,61	40,86	4,70
	5	11	55	8,25	14	0,61	14,04	1,62
Baños Hombres	2	4x20	160	24	14	0,61	40,86	4,70
	5	11	55	8,25	14	0,61	14,04	1,62
Pasillo cetral	11	3x17	561	84,15	14	0,61	143,25	16,47
Cursos especializ	9	3x17	459	68,85	14	0,61	117,20	13,48
Cisco/Linux	24	3x17	1224	183,6	14	0,61	312,54	35,94
Oracle	22	3x17	1122	168,3	14	0,61	286,50	32,95
Apple	22	3x17	1122	168,3	14	0,61	286,50	32,95
Inglés	28	3x17	1428	214,2	14	0,61	364,63	41,93
Lab Inglés	37	3x17	1887	283,05	14	0,61	481,84	55,41
Lab Electrónica	35	3x17	1785	267,75	14	0,61	455,79	52,42
Pasillo B	21	3x17	1071	160,65	14	0,61	273,48	31,45
Sala Servidores	8	3x17	408	61,2	14	0,61	104,18	11,98
	4	2x40	320	48	14	0,61	81,71	9,40
Total de luminarias	464		23496	3524,4			5987,52	688,56
Consumo Total del Edificio (4 plantas):							23950,07	2754,26

Elaboración: Los Autores

Consumo Mensual del Edificio CITTES en 2008

Tabla A5.2. Consumo Mensual del Edificio CITTES en 2008

Mes	Consumo kWh	Consumo USD
Enero	41246	2495,58
Febrero	38503	5883,29
Marzo	40875	9860,58
Abril	48072	10764,96
Mayo	40365	9802,42
Junio	43448	10238,39
Julio	51389	10642,71
Agosto	41736	8690,93
Septiembre	41962	5986,62
Octubre	51707	6879,60
Noviembre	41353	5968,68
Diciembre	47434	6537,88
Promedio:	44008	7812,64

Fuente: Planilla Eléctrica UPSI 2008. Empresa Eléctrica Regional del Sur S.A.

Factor de Simultaneidad

Tabla A5.3. Cálculo Factor de Simultaneidad en Planta de la UPSI

Local	Núm. total de lámparas	Jueves (1 Julio)					Viernes (2 julio)				
		Num. de lámparas apagadas (horas)					Num. de lámparas apagadas (horas)				
		8:00 am	10:00 am	13 pm	16 pm	19 pm	8:00 am	10:00 am	13 pm	16 pm	19 pm
Laboratorio de ingles	35	0	0	35	0	0	0	0	35	0	0
Sala K	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28	28
Laboratorio de electrónica	35	17	35	35	0	35	35	0	35	0	35
Cisco Linux	22	22	22	22	22	22	22	22	22	22	0
Sala L	22	22	22	22	0	22	22	0	22	22	17
Sala J	22	22	22	22	0	2	0	22	22	22	2
Cursos Especializ	9	2	2	9	2	9	2	7	9	2	9

Pasillo uno	36	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Baño hombres	9	4	4	9	4	4	4	4	9	4	4
Baño mujeres	9	1	1	9	1	1	2	2	9	2	2
Pasillo dos	15	9	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Soporte	29	11	11	29	11	8	11	11	29	11	8
GESE	30	0	0	30	0	0	0	0	9	0	0
Sala 1 reuniones	8	8	8	8	8	8	8	8	8	0	4
Sala espera, secretaria	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sala vip	2	2	0	2	0	0	2	2	2	0	0
Dirección	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Sala 2 reuniones	12	12	12	12	12	12	12	12	12	0	4
SIG	23	12	0	23	0	0	0	0	23	0	23
Redes	31	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Desarrollo Software	68	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sala de servidores	13	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	467	212	182	310	103	166	163	133	289	128	151
Factor de simult. por horario		0.55	0.61	0.34	0.78	0.64	0.65	0.72	0.38	0.73	0.68

Factor de simultaneidad Promedio = 0.61

Elaboración: Los Autores

ANEXO 6: BatiBUS

Es un sistema centralizado basado en el par trenzado como medio de transmisión (en algunos casos se puede implementar sobre cable telefónico o eléctrico), pudiendo administrar hasta 500 puntos de control. Emplea la técnica de acceso al medio CSMA-CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) de manera parecida a Ethernet o EIB pero con velocidades de transmisión única de 4800bps en la frecuencia de 4.8KHz y resolución positiva de las colisiones, es decir, cada elemento de la red está autorizado comunicar cuando lo requiera siempre y cuando la red se encuentre disponible; en otras palabras, si el acceso al bus se realiza por parte de dos dispositivos simultáneamente, se produce una colisión de datos, sin embargo, continúa transmitiendo aquel que posea mayor prioridad y el

otro se queda inactivo hasta que el anterior termine la transferencia de información. Al igual que los dispositivos X-10, todos los dispositivos BatiBUS disponen de unos microinterruptores circulares o miniteclados que permiten asignar una dirección física y lógica que identifican unívocamente a cada dispositivo conectado al bus. Tiene un alcance de 200m a 1500m en función de la sección de cable.

Además es posible proporcionar energía para la alimentación de los elementos sensores a través del mismo medio de transmisión. El direccionamiento de cada módulo se debe realizar en el momento de la instalación de los mismos con la precaución de respetar la identificación única del equipo. La finalidad es que los dispositivos BatiBUS puedan interferir y procesar la información que ha sido enviada por uno de ellos, pero sólo filtran la trama y la transfieren a la aplicación del dispositivo final que tienen la debida programación para la función en particular.

BatiBUS ha conseguido la certificación como estándar europeo CENELEC.

ANEXO 7: EHS (European Home System)

Estándar europeo de aplicación domótica en el mercado residencial. Basado en una topología de niveles OSI y se especifican los niveles: físico, de enlace de datos, de red y de aplicación. El objetivo de la EHS es crear un protocolo totalmente abierto.

La transmisión de datos se lo hace por un canal serial asíncrono a través de las líneas de baja tensión de las viviendas (ondas portadoras o PLC) . Esta tecnología basada en modulación FSK consigue velocidades de hasta 2.4Kbps (utilizando las líneas de baja tensión) y además también puede utilizar cables de pares trenzados como soporte de la señal alcanzando velocidades de 48Kbps.

Cada dispositivo EHS tiene asociado una subdirección única dentro del mismo segmento de red, que además de identificar unívocamente a un nodo también lleva asociada información para el ruteo de los telegramas por diferentes segmentos de red EHS.

El estándar EHS pretende aportar una serie de ventajas a los usuarios finales:

- Compatibilidad total entre dispositivos de la misma tecnología
- Configuración automática de los dispositivos
- Movilidad
- Ampliación sencilla de las instalaciones

ANEXO 8: Simulación en DIALUX. Ejemplo de Aplicación

Oficina (“Desarrollo de Software”)



Figura A8.1. Desarrollo de Software vista en 3D. Luminarias al 100% Distribución Actual

Elaboración: Los Autores

TABLA A8.1. Iluminancia Desarrollo de Software. Luminarias al 100% Distribución Actual

Superficie	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]
Plano útil	797	49	1357
Suelo	498	29	1109
Techo	165	67	371
Paredes	246	49	725

Elaboración: Los Autores

Pasillos

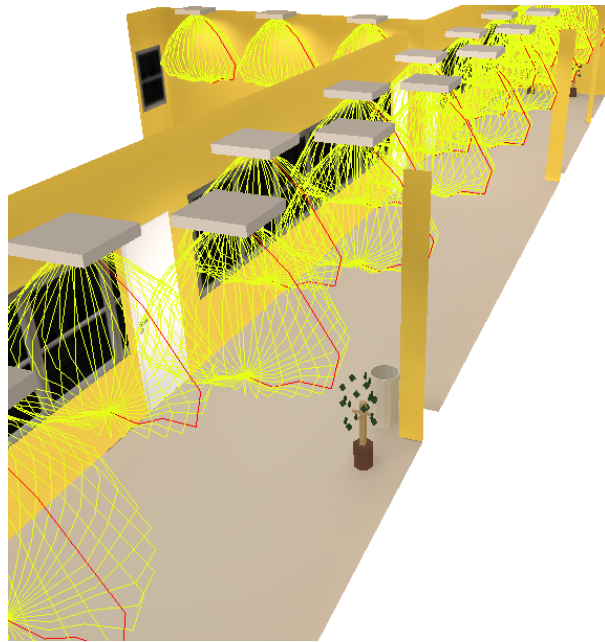


Figura A8.2. Pasillo UPSI vista en 3D. Luminarias al 100% Distribución Actual

Elaboración: Los Autores

TABLA A8.2. Iluminancia Pasillo UPSI. Luminarias al 100% Distribución Actual

Superficie	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]
Plano útil	550	107	774
Suelo	466	78	728
Techo	206	14	342
Paredes	311	79	878

Elaboración: Los Autores

Sala de Reuniones

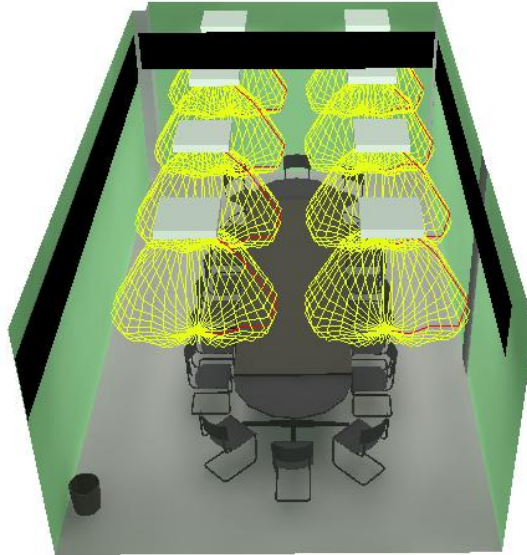


Figura A8.3. Sala de Reuniones vista en 3D. Luminarias al 100% Distribución Actual

Elaboración: Los Autores

TABLA A8.3. Iluminancia Sala de Reuniones. Luminarias al 100% Distribución Actual

Superficie	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]
Plano útil	577	206	831
Suelo	302	49	535
Techo	200	123	265
Paredes	296	116	555

Elaboración: Los Autores

Sala de Descanso

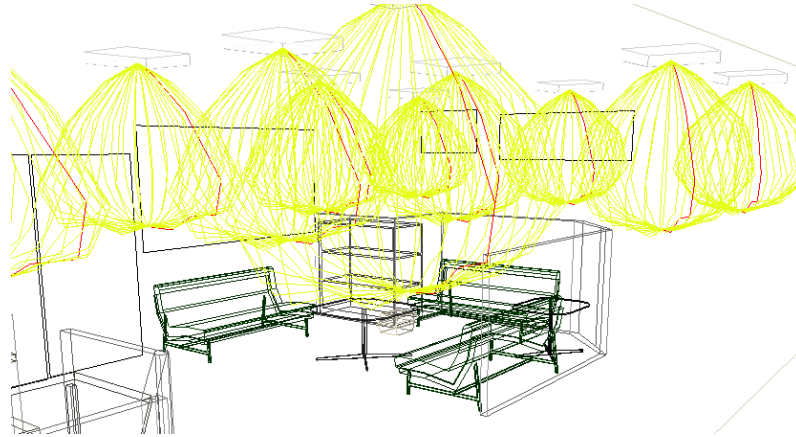


Figura A8.4. Sala de Descanso vista en 3D. Luminarias al 100% Distribución Actual

Elaboración: Los Autores

TABLA A8.4. Iluminancia Sala de Descanso. Luminarias al 100% Distribución Actual

Superficie	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]
Plano útil	541	91	742
Suelo	365	34	618
Techo	256	128	750
Paredes	307	51	1815

Elaboración: Los Autores

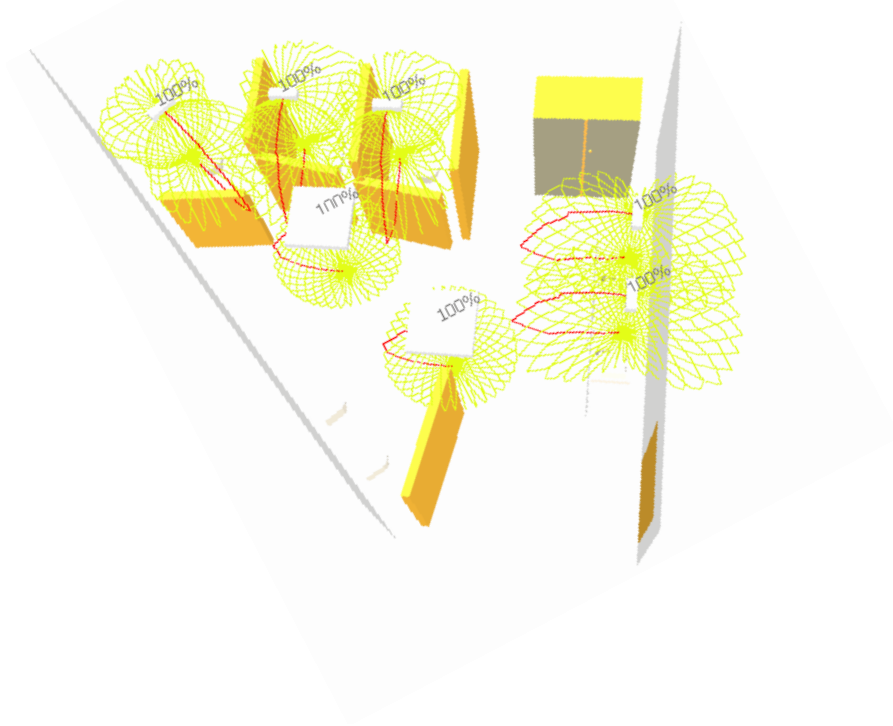
Baños

Figura A8.5. Baños vista en 3D. Luminarias al 100% Distribución Actual

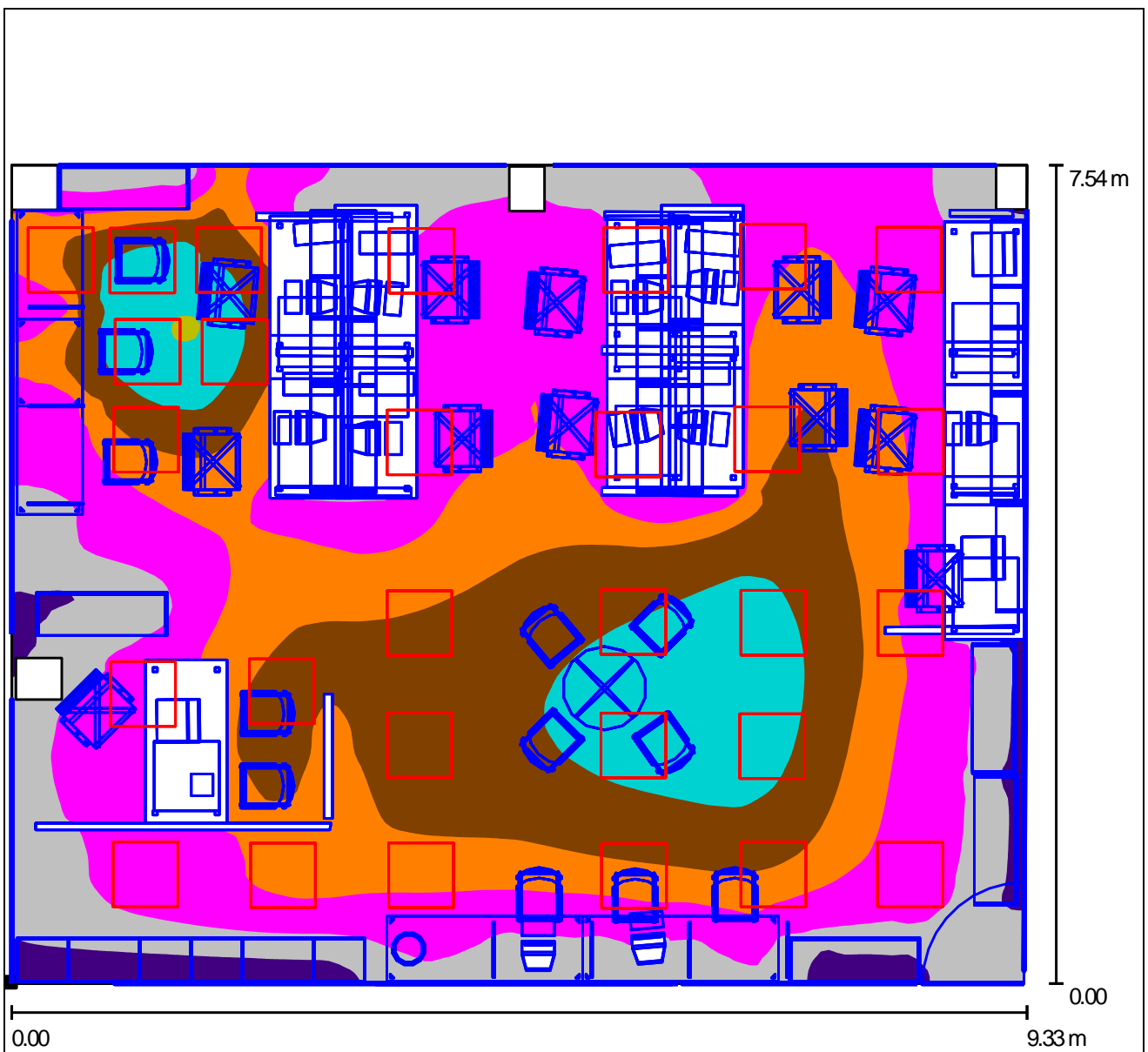
Elaboración: Los Autores

TABLA A8.5. Iluminancia Baños. Luminarias al 100% Distribución Actual

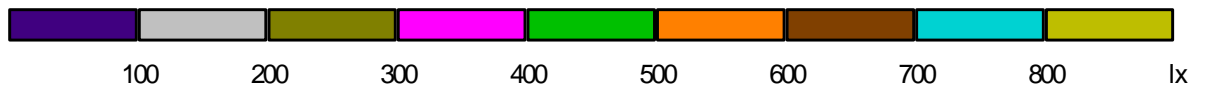
Superficie	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]
Plano útil	350	38	697
Suelo	271	14	560
Techo	215	55	501
Paredes	211	39	851

Elaboración: Los Autores

ANEXO 9: Diagramas de Iluminancia. Ejemplo de Aplicación



Leyenda:



TITULO: ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS DISPONIBLES PARA EL CONTROL LUMÍNICO EFICIENTE

CONTENIDO: Diagrama de Iluminancia en el Plano Útil GESE. Estado actual 60%

REVISADO: Ing. Raúl Castro

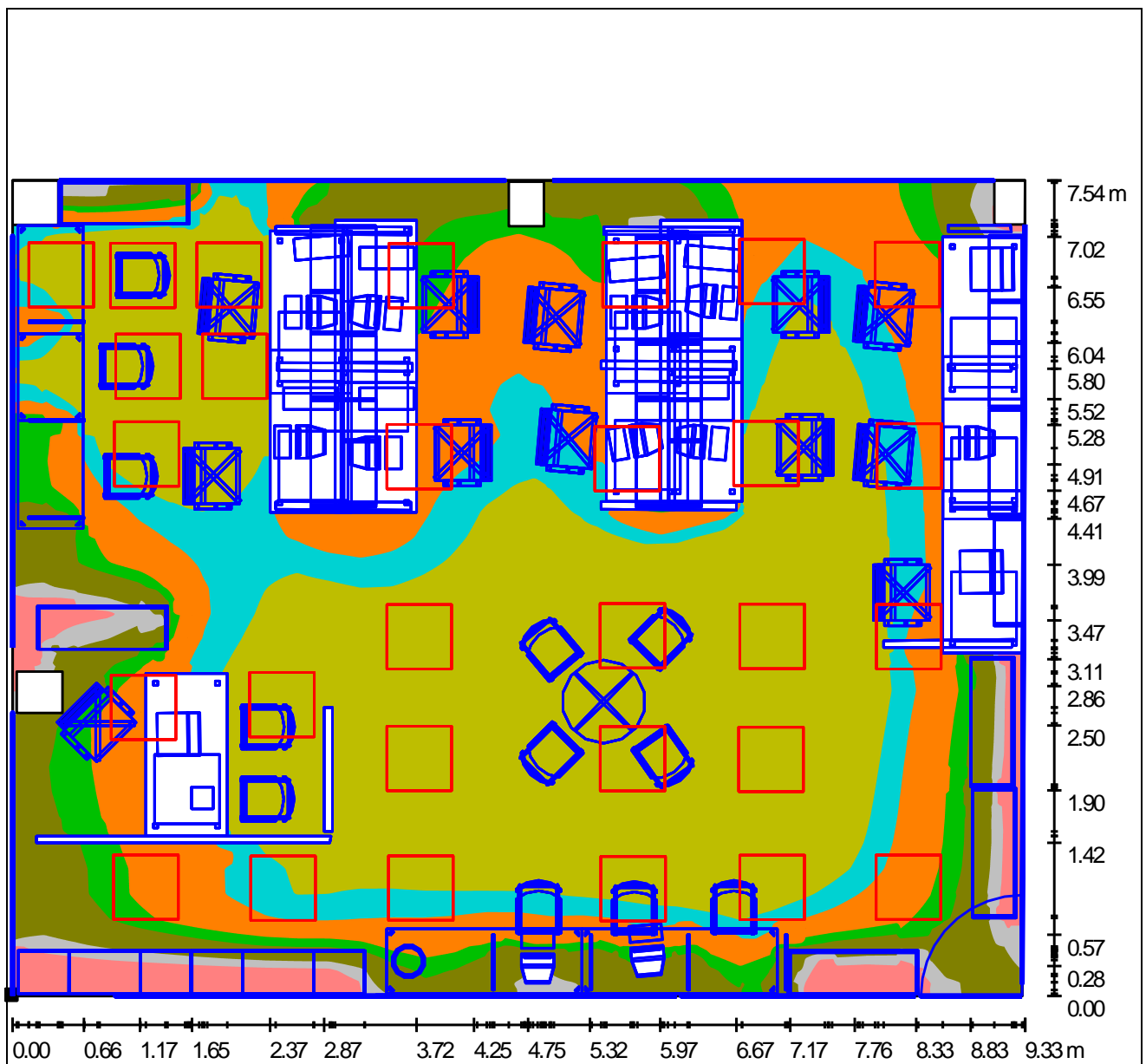
DIBUJO: José Armijos, Santiago Buri

FECHA: 04/07/09

NUMERO: 1/11

ESCALA: 1:62





Leyenda:



TITULO: ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS DISPONIBLES PARA EL CONTROL LUMÍNICO EFICIENTE

CONTENIDO: Diagrama Iluminancia en el Plano Útil GESE. Estado actual al 100%

REVISADO: Ing. Raúl Castro

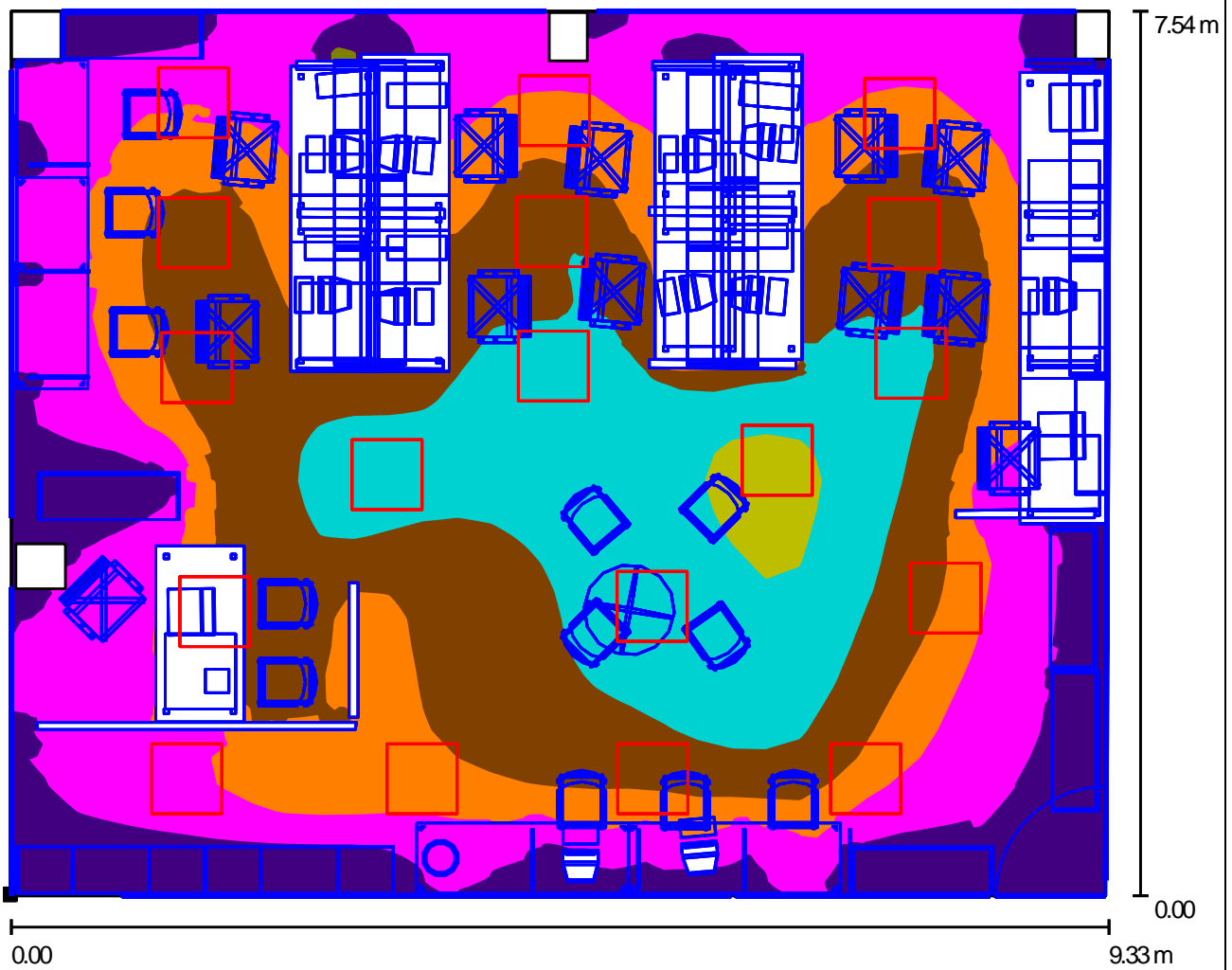
DIBUJO: José Armijos, Santiago Buri

FECHA: 04/07/09

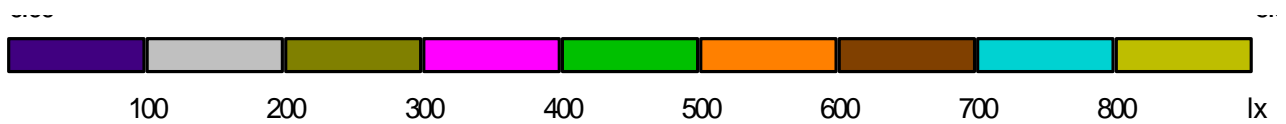
NUMERO: 2/11

ESCALA: 1:62





Leyenda:



TITULO: ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS DISPONIBLES PARA EL CONTROL LUMÍNICO EFICIENTE

CONTENIDO: Diag. Iluminancia en Plano Útil GESE. Distribución Óptima al 100%

REVISADO: Ing. Raúl Castro

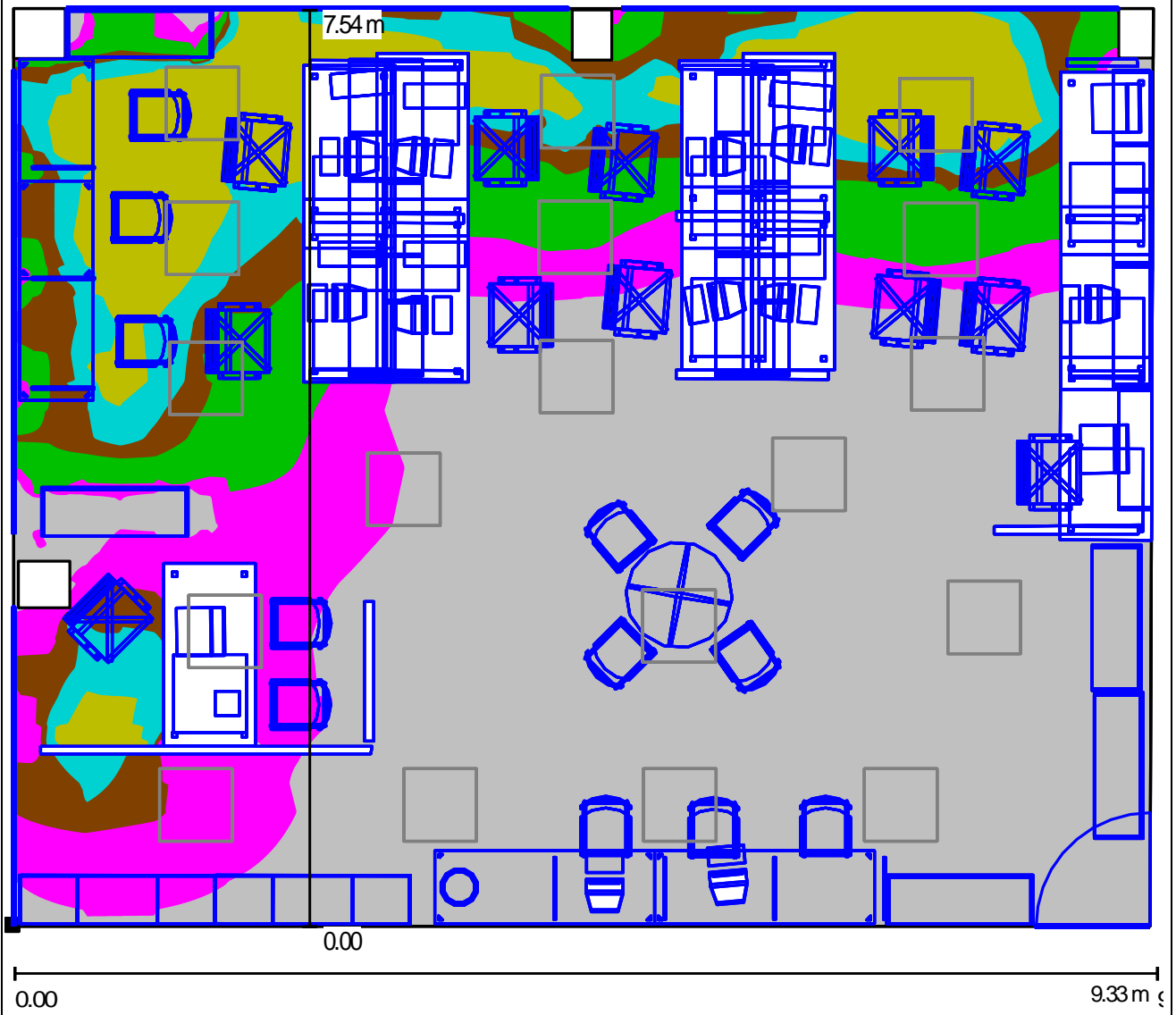
DIBUJO: José Armijos, Santiago Buri

FECHA: 04/07/09

NUMERO: 3/11

ESCALA: 1:62

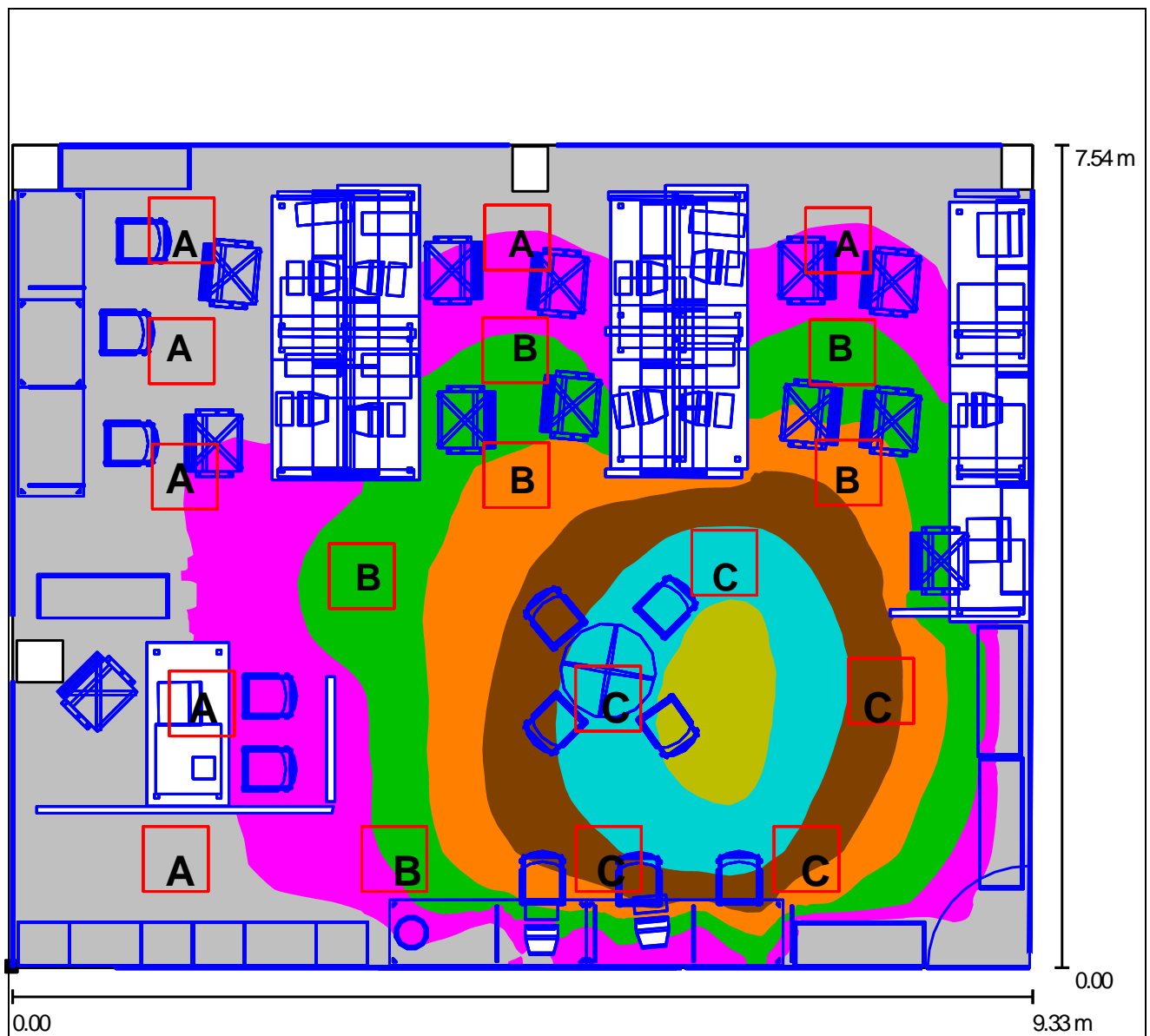




Leyenda:



TITULO: ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS DISPONIBLES PARA EL CONTROL LUMÍNICO EFICIENTE			
CONTENIDO: Diagrama de Iluminancia en el Plano Útil GESE. Aporte Luz Natural			
REVISADO: Ing. Raúl Castro	DIBUJO: José Armijos, Santiago Buri		
FECHA: 04/07/09	NUMERO: 4/11	ESCALA: 1:56	



Leyenda:



TITULO: ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS DISPONIBLES PARA EL CONTROL LUMÍNICO EFICIENTE

CONTENIDO: Diag. Iluminancia en P. Útil GESE. Zonificación para Aporte Luz Natural

REVISADO: Ing. Raúl Castro

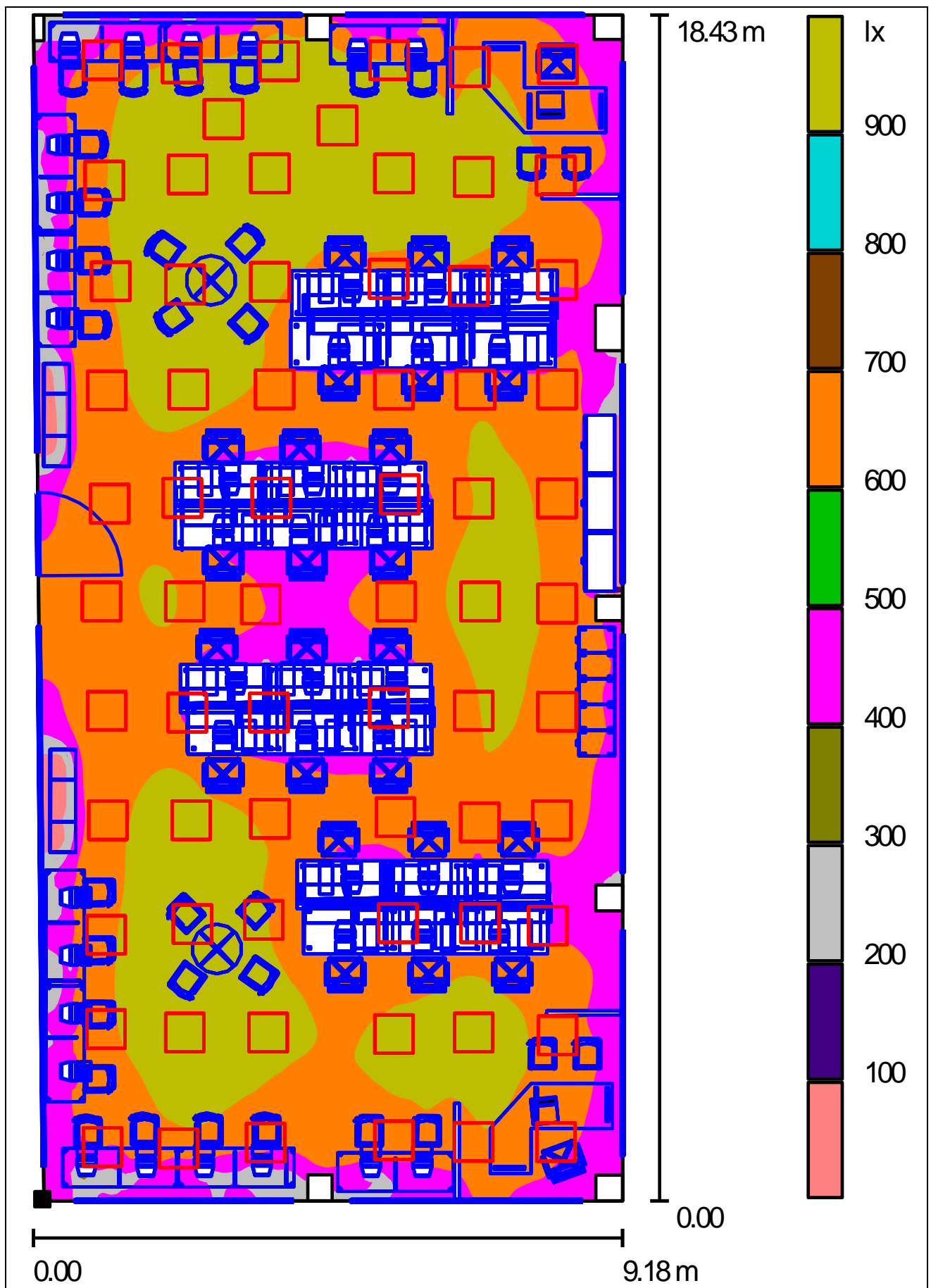
DIBUJO: José Armijos, Santiago Buri

FECHA: 04/07/09

NUMERO: 5/11

ESCALA: 1:61





TITULO: ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS DISPONIBLES PARA EL CONTROL LUMÍNICO EFICIENTE

CONTENIDO: Diag. Iluminancia P. Útil. Desarrollo de Software. Estado Actual al 100%

REVISADO: Ing. Raúl Castro

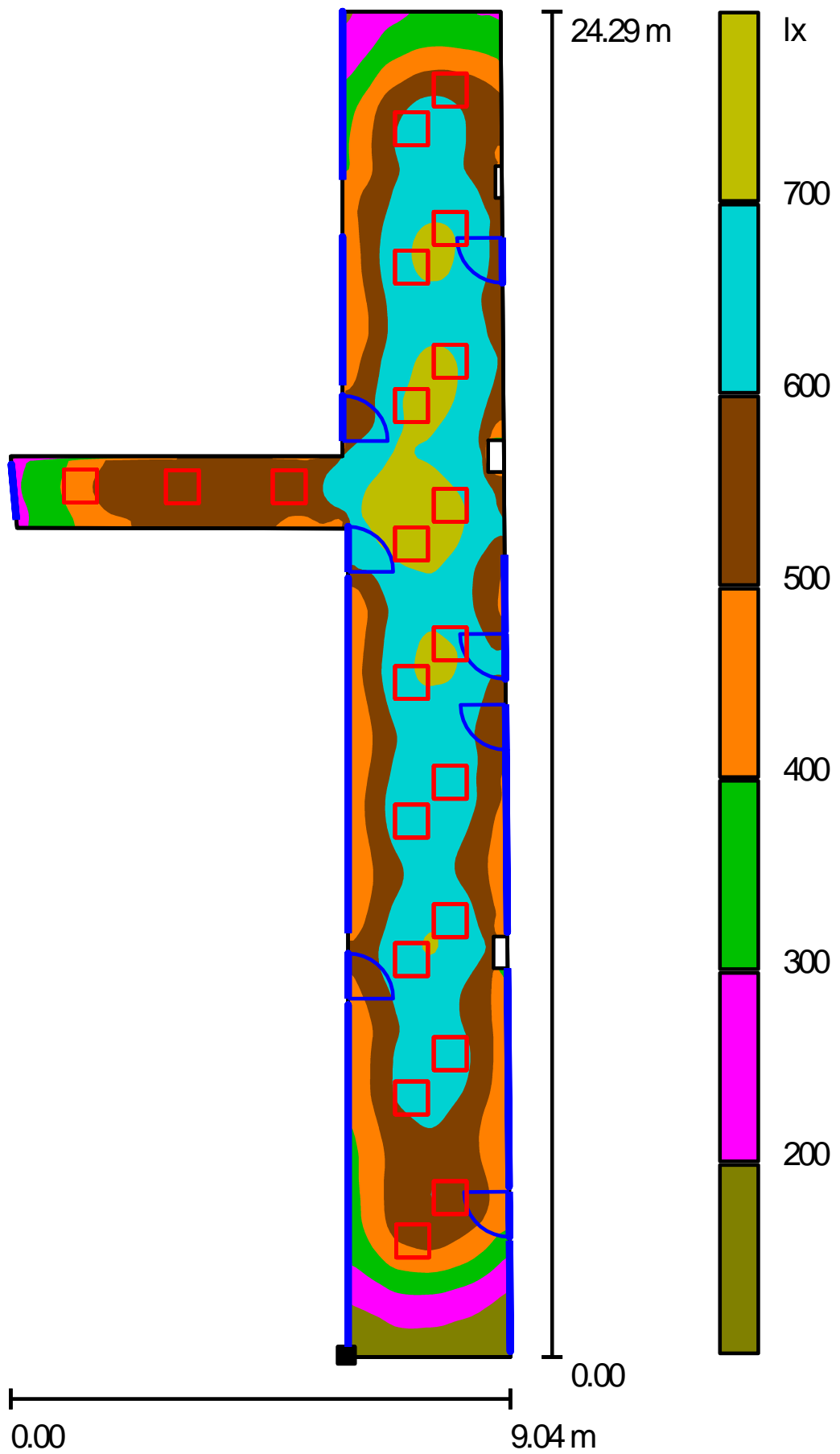
DIBUJO: José Armijos, Santiago Buri

FECHA: 04/07/09

NUMERO: 6/11

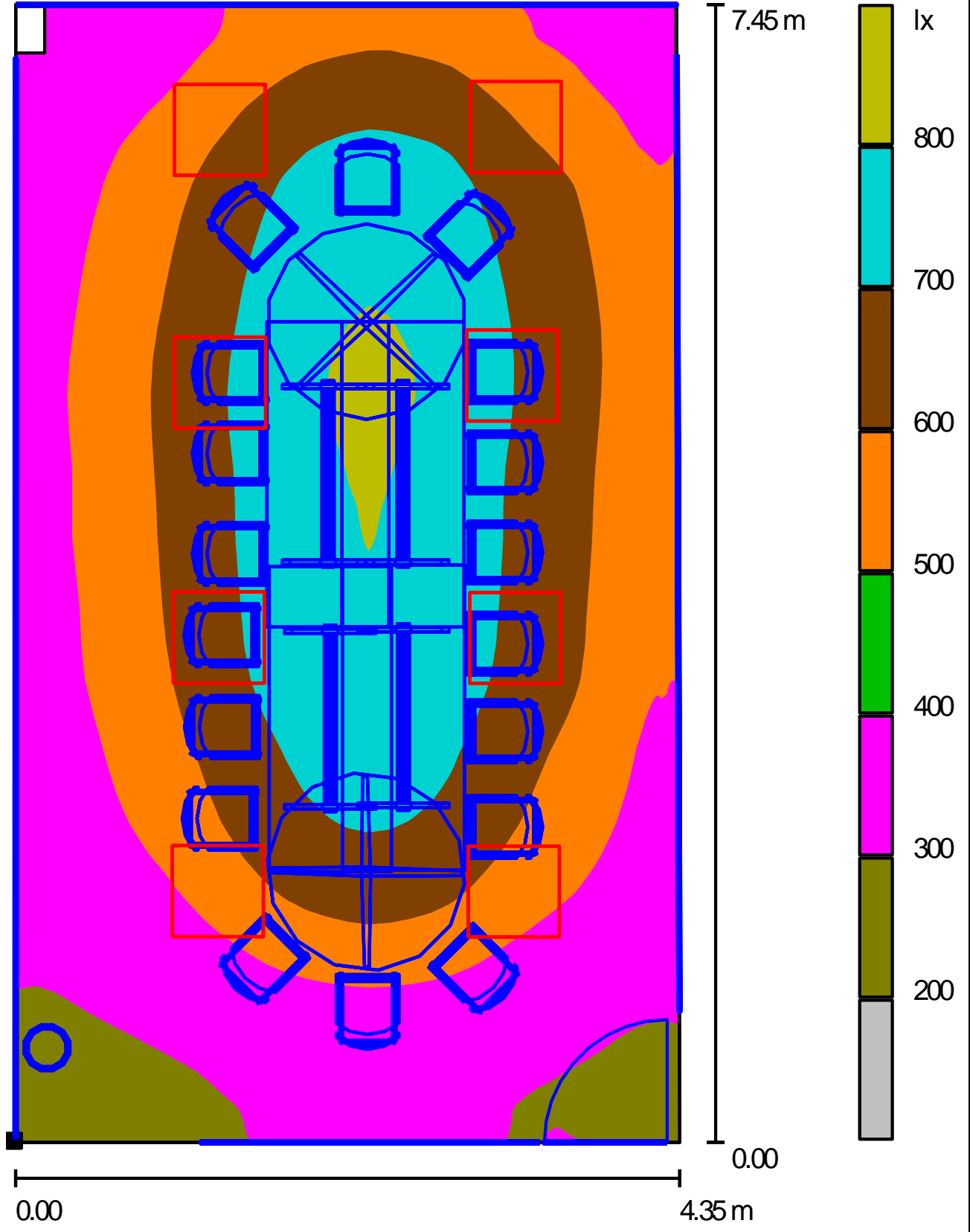
ESCALA: 1:84





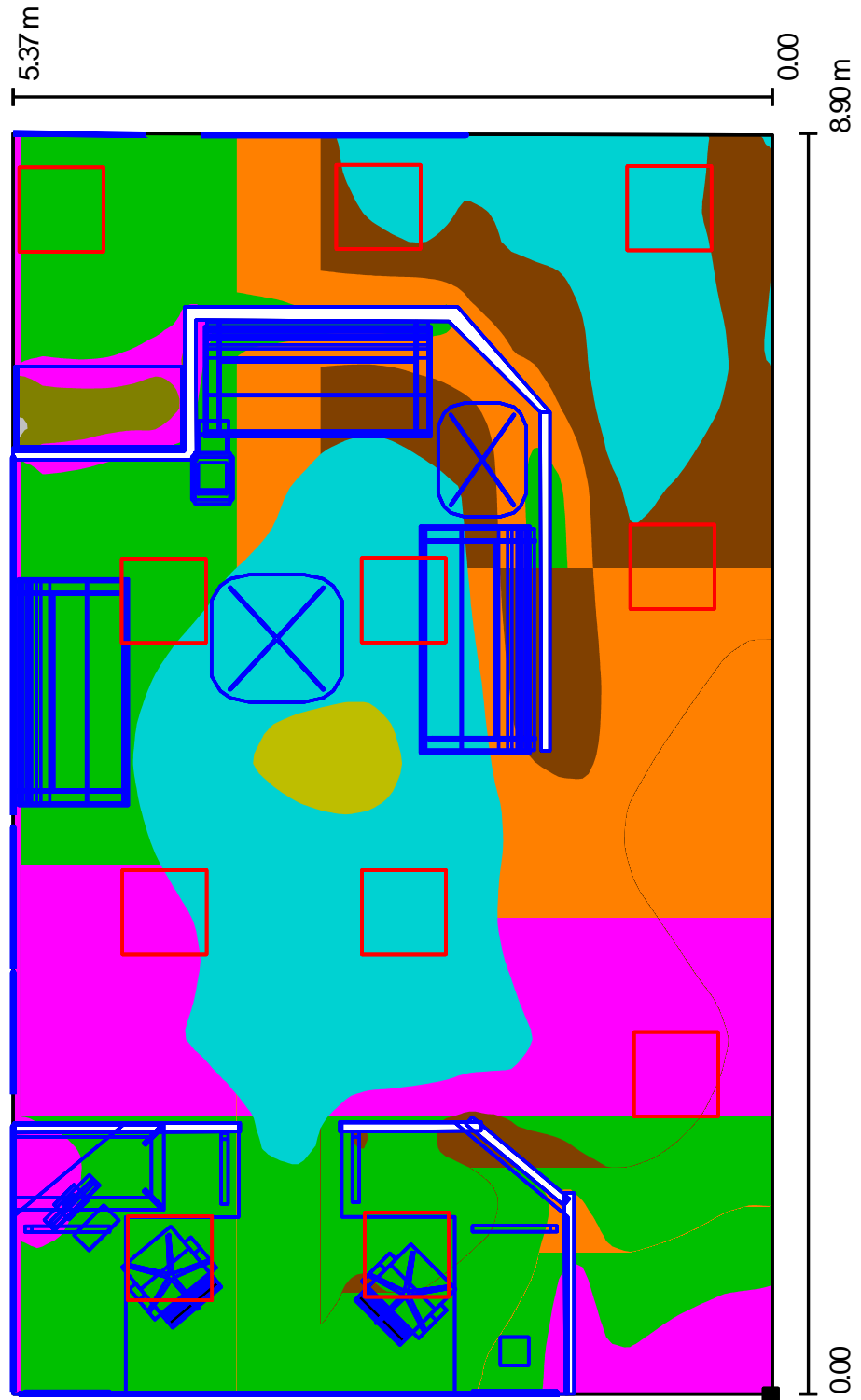
TITULO: ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS DISPONIBLES PARA EL CONTROL LUMÍNICO EFICIENTE		
CONTENIDO: Diagrama Iluminancia en el Plano Útil Pasillos. Estado Actual al 100%		
REVISADO: Ing. Raúl Castro	DIBUJO: José Armijos, Santiago Buri	
FECHA: 04/07/09	NUMERO: 7/11	ESCALA: 1:113





TITULO: ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS DISPONIBLES PARA EL CONTROL LUMÍNICO EFICIENTE		
CONTENIDO: Diag. Iluminancia en Plano Útil Sala Reuniones. Estado Actual al 100%		
REVISADO: Ing. Raúl Castro	DIBUJO: José Armijos, Santiago Buri	
FECHA: 04/07/09	NUMERO: 8/11	ESCALA: 1:38





Leyenda:



TITULO: ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS DISPONIBLES PARA EL CONTROL LUMÍNICO EFICIENTE

CONTENIDO: Diag. Iluminancia en el Plano Útil Sala Descanso. Estado Actual al 100%

REVISADO: Ing. Raúl Castro

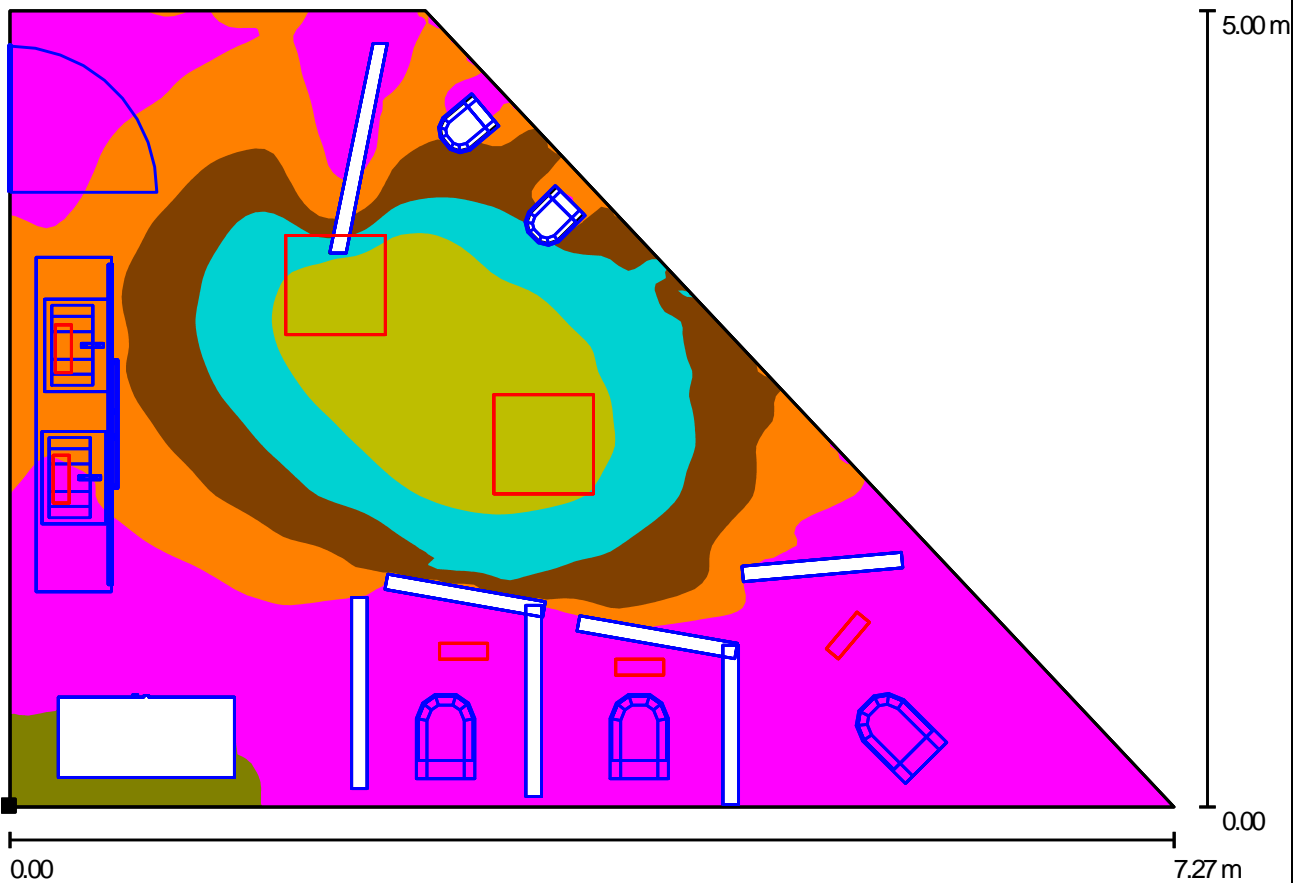
DIBUJO: José Armijos, Santiago Buri

FECHA: 04/07/09

NUMERO: 9/11

ESCALA: 1:51





Leyenda:



TITULO: ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS DISPONIBLES PARA EL CONTROL LUMÍNICO EFICIENTE

CONTENIDO: Diagrama de Iluminancia en el Plano Útil Baño. Estado Actual al 100%

REVISADO: Ing. Raúl Castro

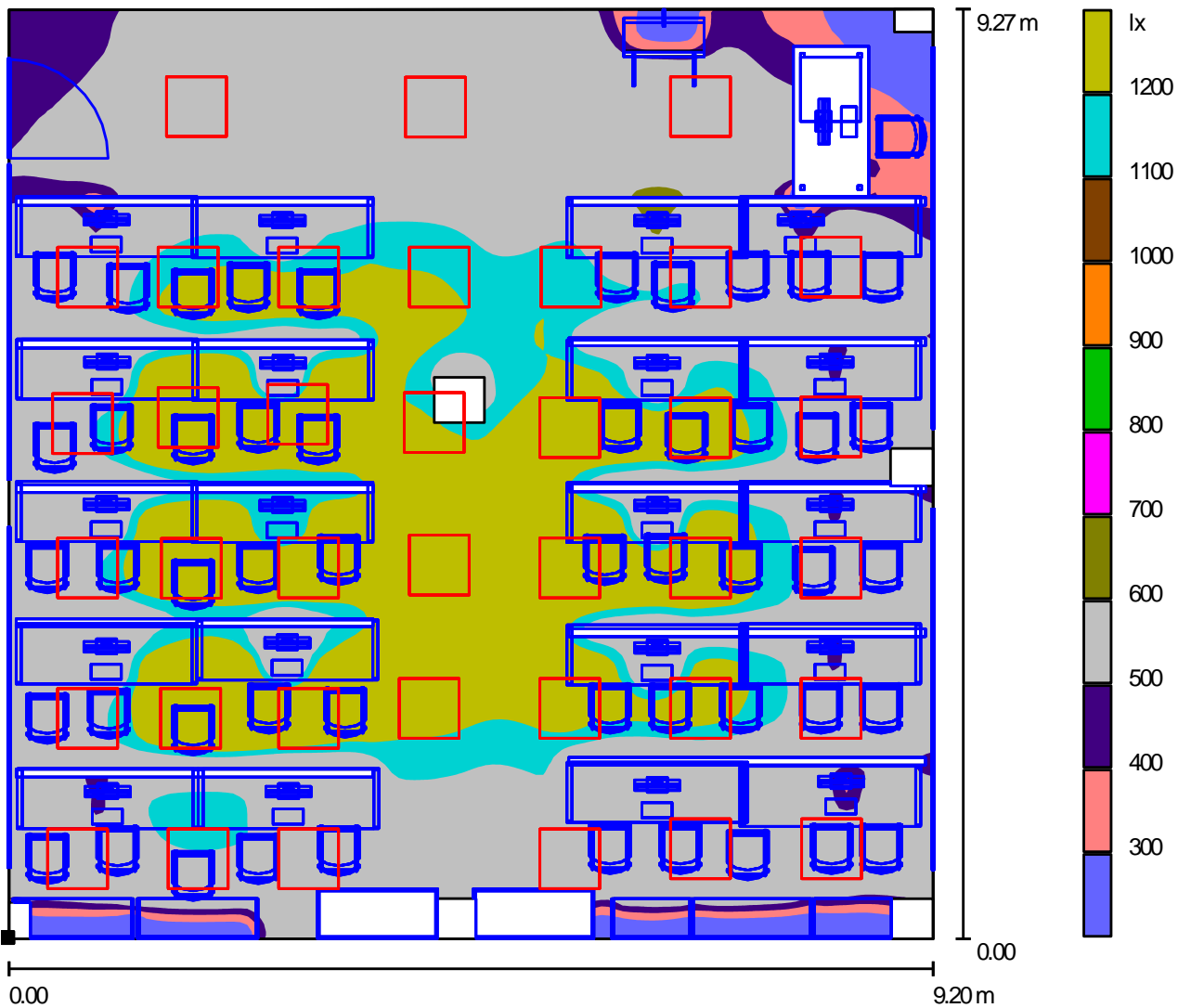
DIBUJO: José Armijos, Santiago Buri

FECHA: 04/07/09

NUMERO: 10/11

ESCALA: 1:48





TITULO: ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS DISPONIBLES PARA EL CONTROL LUMÍNICO EFICIENTE

CONTENIDO: Diag. Iluminancia en P. Útil Laboratorio Electrónica. Estado Actual 100%

REVISADO: Ing. Raúl Castro

DIBUJO: José Armijos, Santiago Buri

FECHA: 04/07/09

NUMERO: 11/11

ESCALA: 1:71

