

**CONSIDERACIONES ELÉCTRICAS BÁSICAS PARA EL DISEÑO DE LA  
AUTOMATIZACIÓN DE SISTEMAS HÍBRIDOS DE ILUMINACIÓN EN ESPACIOS  
INTERIORES DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**JUAN CARLOS RODRÍGUEZ GARCÍA**



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y  
DE TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA**

**2016**

**CONSIDERACIONES ELÉCTRICAS BÁSICAS PARA EL DISEÑO DE LA  
AUTOMATIZACIÓN DE SISTEMAS HÍBRIDOS DE ILUMINACIÓN EN ESPACIOS  
INTERIORES DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**JUAN CARLOS RODRÍGUEZ GARCÍA**

**Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Electricista**

**Director**

**GERMAN ALFONSO OSMA PINTO**

**Ingeniero Electricista, MS.c**

**Codirector**

**GABRIEL ORDÓÑEZ PLATA**

**Ingeniero Electricista, Ph.D**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICO MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES**

**BUCARAMANGA**

**2016**

## DEDICATORIA

A Dios quien fue el guía y el proveedor en todo tiempo.

A mis padres Francisco y María Eugenia que en su inmenso entendimiento y paciencia, formaron en mí el carácter necesario para sobrellevar cualquier contratiempo y me motivaron constantemente a alcanzar mis sueños y a quienes no solo les debo la vida sino el hecho de ser quien soy.

A Kerlis, por su amor y apoyo incondicional en los momentos difíciles durante esta etapa de mi vida.

A mi hijo Juan Sebastián quien se convirtió en la motivación más grande para llegar a cumplir esta meta que hoy alcanzo con mucho sacrificio.

A mis hermanos Liliana, Francisco, Sergio, por su compañía durante estos años.

Al Dr. German Alfonso Osma Pinto por su dirección.

A todas aquellas personas que colaboraron para el desarrollo de este trabajo.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN .....	17
1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA.....	20
2. OBJETIVOS .....	21
2.1. OBJETIVO GENERAL .....	21
2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	21
3. ALCANCE DEL TRABAJO .....	22
4 GENERALIDADES .....	26
4.1 USO RACIONAL DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA .....	26
4.2 ILUMINACIÓN DE INTERIORES.....	26
4.3 ILUMINACIÓN NATURAL.....	27
4.4 BENEFICIOS DE LA LUZ NATURAL .....	27
4.5 IMPORTANCIA E IMPACTOS DE LA ILUMINACIÓN NATURAL.....	28
4.6 NECESIDAD DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN HÍBRIDOS .....	28
4.7 ESTRATEGIAS DE AUTOMATIZACIÓN Y REGULACIÓN DE ILUMINACIÓN	29
5. DISEÑO ELÉCTRICO DE LAS ESTRATEGIAS DE AUTOMATIZACIÓN DE ILUMINACIÓN DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA .....	31
5.1 DISEÑO INTERIOR DE LAS ESTRATEGIAS DE AUTOMATIZACIÓN .....	31
5.2 ZONAS DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA .....	31
5.3 GRUPOS DE CONTROL DE LAS ESTRATEGIAS DE AUTOMATIZACIÓN .	32

5.4	DISEÑO DE LAS ESTRATEGIAS DE AUTOMATIZACIÓN PARA EL SALÓN 205 .....	33
5.4.1	Control por presencia y fotocelda On/OFF.....	33
5.4.2	Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off. ....	35
5.4.3	Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador. ....	36
5.4.4	Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off. ....	37
5.4.5	Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador. ....	38
5.4.6	Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off. ....	39
5.4.7	Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador. ....	40
5.5	CABLEADO Y DUCTOS DE LAS ESTRATEGIAS DE AUTOMATIZACIÓN	41
5.6	PRESUPUESTO DE LAS ESTRATEGIAS DE AUTOMATIZACIÓN .....	44
5.6.1	Presupuesto estrategias de automatización para el salón 205. ....	44
5.6.2	Presupuesto estrategias de automatización para el salón 204. ....	47
5.6.3	Presupuesto estrategias de automatización para sala de reuniones.....	50
5.6.4	Análisis de precios unitarios de las estrategias de automatización. ....	53
6.	MEDICIÓN DE LA ILUMINANCIA Y CONSUMO ELÉCTRICO EN EL INTERIOR DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA.....	56
6.1.	ZONA DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA.....	56
6.2.	MODELADO DE LA TRAMA DE PUNTOS DE MEDICIÓN.....	57
6.3.	METODOLOGIA DE LA MEDICIÓN .....	57
6.3.1	Medición iluminancia de la lámpara fluorescente.....	59
6.3.2	Medición iluminancia de la lámpara LED. ....	60
6.4	CURVAS DEL COMPORTAMIENTO DE LA ILUMINANCIA .....	61
6.4.1	Curvas características de la luminaria fluorescente.....	61
6.4.2	Curvas características de la luminaria LED. ....	64

7. MEDICIÓN DE LA CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA DEBIDA A LOS COMPONENTES ELÉCTRICOS UTILIZADOS EN SISTEMAS AUTOMATIZADOS DE ILUMINACIÓN.....	66
7.1. DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS UTILIZADOS EN LOS SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN DE ILUMINACIÓN .....	66
7.2 DIAGRAMA DE CONEXIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL MEDIDOR DE ENERGÍA.....	69
7.3 METODOLOGÍA DE LA MEDICIÓN .....	70
7.4 CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL CONSUMO ELECTRICO .....	74
7.4.1 Curvas característica de los dispositivos electrónicos conectados. ....	74
7.4.2 Curvas características de la luminaria fluorescente.....	78
7.4.3 Curvas característica de la luminaria LED. ....	83
7.5 CURVAS DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELECTRICA Y DE LA DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL DE LA CARGA.....	88
7.5.1 Curvas de parámetros de tensión, corriente y potencia de los dispositivos electrónicos conectados. ....	88
7.5.2 Curvas de parámetros de tensión, corriente y potencia de los <i>power packs</i> conectados. ....	91
7.5.3 Curvas de parámetros de tensión, corriente y potencia de la luminaria LED. ....	95
8 CONCLUSIONES.....	98
9 RECOMENDACIONES.....	101
CITAS BIBLIOGRÁFICAS .....	102
BIBLIOGRAFIA.....	104
ANEXOS.....	107

## LISTA DE FIGURAS

	<b>pág.</b>
Figura 1. Diseño estrategia 1 de automatización salón 205 (considerando los ductos existentes).....	34
Figura 2. Diseño estrategia 2 de automatización salón 205 (considerando los ductos existentes).....	35
Figura 3. Diseño estrategia 3 de automatización salón 205 (considerando los ductos existentes).....	36
Figura 4. Diseño estrategia 4 de automatización salón 205 (considerando los ductos existentes).....	37
Figura 5. Diseño estrategia 5 de automatización salón 205 (considerando los ductos existentes).....	38
Figura 6. Diseño estrategia 6 de automatización salón 205 (considerando los ductos existentes).....	39
Figura 7. Diseño estrategia 7 de automatización salón 205 (considerando los ductos existentes).....	40
Figura 8. Cableado estrategias de automatización (Cantidades en metros).....	42
Figura 9. Ducteria de las estrategias de automatización (Cantidades en metros).	43
Figura 10. Presupuesto de las estrategias de automatización para el salón 205. .	45
Figura 11. Costo metro cuadrado salón 205.....	46
Figura 12. Costo luminaria instalada salón 205. ....	47
Figura 13. Costo de las estrategias de automatización para el salón 204. ....	48
Figura 14. Costo metro cuadrado salón 204. ....	49
Figura 15. Costo luminaria instalada salón 204. ....	50
Figura 16. Costo de las estrategias de automatización para la sala de reuniones.	51
Figura 17. Costo metro cuadrado sala de reuniones. ....	52
Figura 18. Costo luminaria instalada sala de reuniones. ....	53

Figura 19. Sala de Reuniones Edificio de Ingeniería Eléctrica. ....	56
Figura 20. Modelo del enmallado de medición.....	57
Figura 21 Trípode usado para medida.....	58
Figura 22. Esquema medición centro luminaria – pared.....	59
Figura 23. Esquema medición centro luminaria – pared.....	60
Figura 24. Comportamiento del enmallado con respecto a la dimerización.....	62
Figura 25. Comportamiento del enmallado del centro de la luminaria a la pared.	63
Figura 26. Comportamiento del enmallado del centro de la luminaria a la pared.	63
Figura 27. Comportamiento de los puntos del enmallado.....	64
Figura 28. Comportamiento del enmallado – distancia.....	65
Figura 29. Componentes de automatización. ....	68
Figura 30. Conexión monofásica medidor ACUVIM IIR.....	69
Figura 31. Características medidor ACUVIM IIR.....	70
Figura 32. Sensor, fotoceldas y power packs. ....	71
Figura 33. Power packs en paralelo.....	72
Figura 34. Luminaria fluorescente.....	73
Figura 35. Luminaria LED. ....	74
Figura 36. Comportamiento del valor eficaz de la tensión y frecuencia de la tensión de suministro de los elementos de automatización.....	75
Figura 37. Valor eficaz de la corriente consumida por los elementos de automatización.....	76
Figura 38. Comportamiento de las potencias activa, reactiva y aparente de los dispositivos de automatización del sistema de iluminación .....	76
Figura 39. Factor de potencia de elementos de automatización.....	77
Figura 40. Distorsión armónica total de la señal de tensión de los elementos de automatización.....	78
Figura 41. Comportamiento del valor eficaz de la tensión y frecuencia de la tensión de suministro de la luminaria fluorescente.....	79
Figura 42. Variación del valor eficaz de la corriente Vs el valor $\beta$ para la luminaria fluorescente .....	80

Figura 43. Variación del valor eficaz de la corriente para la luminaria fluorescente cuando se cambia el valor de $\beta$ .....	80
Figura 44. Variación de las potencias activa, reactiva y aparente Vs el valor de $\beta$ para la luminaria fluorescente. ....	81
Figura 45. Variación del factor de potencia Vs el valor de $\beta$ para la luminaria fluorescente. ....	82
Figura 46. Distorsión armónica total de la tensión de suministro de la luminaria fluorescente. ....	82
Figura 47. Componentes armónicas de la tensión de suministro de la luminaria fluorescente. ....	83
Figura 48. Comportamiento del valor eficaz de la tensión y frecuencia de la tensión de suministro de la luminaria LED. ....	84
Figura 49. Valor eficaz de la corriente consumida por la luminaria LED.....	85
Figura 50. Comportamiento de las potencias activa, reactiva y aparente de la luminaria LED. ....	85
Figura 51. Factor de potencia de la luminaria LED.....	86
Figura 52. Componentes armónicas de la tensión de suministro de la luminaria LED.....	87
Figura 53. Relación armónicos de tensión - tiempo para la luminaria LED.....	87
Figura 54. Comportamiento del valor eficaz de la tensión de los elementos de automatización.....	88
Figura 55. Comportamiento del valor eficaz de la corriente de los elementos de automatización.....	89
Figura 56. Comportamiento de la potencia reactiva de los elementos de automatización.....	90
Figura 57. Distorsión armónica total de corriente de los dispositivos electrónicos conectados.....	91
Figura 58. Comportamiento del valor eficaz de la tensión de los power packs en paralelo .....	92

Figura 59. Comportamiento del valor eficaz de la corriente de los power packs en paralelo. ....	93
Figura 60. Comportamiento de la potencia reactiva de los power packs en paralelo. ....	93
Figura 61. Distorsión armónica total de los power packs conectados en paralelo. ....	94
Figura 62. Comportamiento del valor eficaz de la tensión en la luminaria LED. ....	95
Figura 63. Comportamiento del valor eficaz de la corriente en la luminaria LED...	96
Figura 64. Comportamiento de la potencia reactiva de la luminaria LED. ....	96
Figura 65. Distorsión armónica total de la luminaria LED. ....	97

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Grupos de control y componentes. ....	32
Tabla 2. Precios unitarios salón 205. ....	54
Tabla 3. Precios unitarios salón 204. ....	54
Tabla 4. Precios unitarios para la Sala de Reuniones. ....	55
Tabla 5. Características de elementos de sistemas automatizados de iluminación. .....	67

## LISTA DE ANEXOS

	<b>pág.</b>
ANEXO A. Planos de las estrategias de automatización de las áreas interiores del Edificio de Ingeniería Eléctrica.....	107
ANEXO B. Tablas del Análisis de precios unitarios para las estrategias de automatización de las áreas del Edificio de Ingeniería Eléctrica .....	128
ANEXO C. Curvas características de los power pack conectados. ....	171
ANEXO D. Diagrama de conexión y características del analizador de energía eléctrica. ....	176

## RESUMEN

**TÍTULO:** CONSIDERACIONES ELÉCTRICAS BÁSICAS PARA EL DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN DE SISTEMAS HÍBRIDOS DE ILUMINACIÓN EN ESPACIOS INTERIORES DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA\*.

**AUTOR:** JUAN CARLOS RODRIGUEZ GARCIA\*\*

**PALABRAS CLAVE:** Automatización, Iluminación, Cableado, Ductos, Luminaria LED, luminaria fluorescente, Sensores, Fotoceldas.

### DESCRIPCIÓN

La finalidad de este trabajo de grado es realizar un análisis energético del consumo del sistema de iluminación automatizado en el Edificio de Ingeniería Eléctrica, a fin de establecer la viabilidad de la implementación de estrategias de automatización que contribuyan al uso eficiente de sistemas de iluminación híbridos.

La integración consiste en implementar un sistema de automatización de luz eléctrica que tenga en cuenta los cambios de la luz natural. Asimismo, los proyectos de iluminación interior buscan incorporar en menor o mayor grado la iluminación híbrida debido a los beneficios mencionados y permitir edificaciones más eficientes energéticamente.

Este trabajo de grado aborda una perspectiva del análisis eléctrico sobre el comportamiento de la automatización. Con su aplicación se busca obtener curvas de comportamiento de consumo eléctrico y de iluminancia en superficie de trabajo y con las mediciones poder determinar y describir las características de iluminación.

En el proyecto se diseñaron las estrategias de automatización, utilizando la herramienta computacional AutoCAD. Con las mediciones se logró obtener el aporte del rendimiento, consumo, y calidad de energía de cada uno de los elementos analizados. Además un presupuesto de los costos unitarios donde se describen los elementos necesarios para la implementación de cada una de las estrategias, y se midió la iluminancia artificial para las luminarias, con la cual se crearon las curvas de comportamiento del consumo eléctrico de la iluminación artificial.

---

\* Trabajo de grado

\*\* Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones. Director: MSc. Germán Alfonso Osma Pinto. Codirector : Gabriel Ordóñez Plata

## ABSTRACT

**TITLE:** BASIC ELECTRICAL CONSIDERATIONS FOR THE DESIGN OF THE AUTOMATION OF HYBRID SYSTEM OF LIGHTING IN INTERIOR SPACES OF THE BUILDING OF ELECTRICAL ENGINEERING\*.

**AUTHOR:** JUAN CARLOS RODRÍGUEZ GARCÍA\*\*

**KEYWORDS:** Automation, Lighting, Cabling, Ductwork, LED lamp, Fluorescent lamp, Sensors, Photocell.

### DESCRIPCIÓN

The purpose of this work of degree is to make an analysis of the consumption of the automated system of illumination in the Building of Electrical Engineering, in order to establish the viability of the implementation of automatization strategies that contribute to the efficient use of hybrid systems of illumination.

Integration consists of implementing a system of automation of electric light that takes into account the changes of natural light. Interior lighting projects also seek to incorporate in greater or lesser degree hybrid lighting due to the aforementioned benefits and allow more efficient buildings energy.

This work of degree approaches a perspective of the electrical analysis on the behavior of the automatization. With its application one looks for to obtain curves of behavior of electrical consumption and illuminance in work surface and with the measurements to be able to determine and to describe the illumination characteristics.

Strategies of automation, using the AutoCAD computational tool are designed in the project. With the measurements achieved contribution of performance, consumption, and power of each of the elements analyzed quality. In addition a budget unit costs which describes the necessary elements for the implementation of each of the strategies and measured the artificial illumination for the luminaires, which created the behavior of artificial lighting power curves.

---

\* Degree Work

\*\* Faculty of Engineering Physics and Mechanics. School of Electrical Engineering, Electronics and telecommunications. Director: MSc. German Alfonso Osma Pinto. Co-director: Dr. Gabriel Ordoñez Plata.

## INTRODUCCIÓN

El uso racional y eficiente de la energía eléctrica permite desarrollar procesos sostenibles que aportan al crecimiento social y económico del país [1], [2].

El aprovechamiento de la luz natural como opción para la iluminación interior es una alternativa para la reducción en el consumo de la energía eléctrica en horas diurnas en áreas dentro de los edificios [1], [2]. Esto permite edificaciones más eficientes energéticamente [3], [4], [5]. Además, plantea un desafío para los diseñadores, ya que se deben llevar a cabo esfuerzos encaminados a fomentar la eficiencia en los sistemas de iluminación automatizada, así como propiciar ambientes más confortables y de menor impacto ambiental.

Actualmente, se aprecia un incremento en la automatización de los sistemas de iluminación [6]. Los sistemas híbridos surgen como una posible alternativa económica con respecto a los sistemas de iluminación artificial exclusivos, ya que ofrecen una reducción del consumo eléctrico [7]. Existen diversas estrategias para integrar la luz natural y la luz artificial mediante sistemas de automatización del alumbrado en respuesta al aporte de luz natural, consiguiendo un ahorro sustancial de energía, entre otros beneficios [8], sin sacrificar la calidad de la iluminación [9], y se denominan sistemas de iluminación híbridos inteligentes.

La integración consiste en implementar un sistema de automatización de luz eléctrica que tenga en cuenta los cambios de la luz natural del día. Tal sistema detecta la ausencia de luz en determinado espacio y proporciona una cantidad predeterminada de iluminación artificial y según el tipo de tecnología empleado, el sistema puede aportar la cantidad necesaria procurando uniformidad de la iluminación del espacio. El sistema incluye detectores de ocupación que enciendan las luces cuando la oficina este ocupada o las apague cuando este vacía [10].

Asimismo, los proyectos de iluminación interior buscan incorporar en menor o mayor grado la iluminación híbrida debido a los beneficios mencionados y al marco reglamentario existente en algunos países, como es el caso del RETILAP en Colombia. Este Reglamento da lineamientos básicos sobre cómo llevar a cabo el aprovechamiento de la luz natural [11]; aunque no se exige el cumplimiento de un ahorro energético específico.

La Universidad Industrial de Santander en aras de incentivar el uso de sistemas de iluminación automatizado, impulsó la remodelación del Edificio de Ingeniería Eléctrica como piloto de construcción automatizada. Esta edificación ha permitido analizar el desempeño de algunas técnicas de automatización.

Para determinar la información del trabajo de grado, se realizaron las mediciones de los dispositivos electrónicos en los espacios del Edificio de Ingeniería Eléctrica (oficinas, salones), con el fin de obtener el aporte del rendimiento, consumo, y calidad de energía de cada uno de los elementos analizados.

Para ello; también se analizaron siete estrategias de automatización en los sistemas de iluminación, siendo tomados como escenarios de estudio tres espacios interiores del Edificio de Ingeniería Eléctrica (salones, oficina). El interés por investigar acerca de este tema surgió del impacto de las estrategias de automatización en los sistemas de iluminación y del desconocimiento de las implicaciones eléctricas tanto en diseño y cableado, debido a las potenciales modificaciones que puede conllevar una estrategia específica.

Para realizar el análisis de las siete estrategias de automatización se tuvo en cuenta el sistema instalado y se diseñó la implementación de la estrategia para cada una de las áreas escogidas utilizando como herramienta el programa de AUTOCAD.

Finalmente, se estableció el presupuesto que detalla los elementos necesarios para realizar la instalación de las estrategias de automatización. Esta información es útil para que el diseñador aprecie las implicaciones financieras de las

estrategias seleccionadas, según el valor por metro cuadrado ( $m^2$ ) y por luminaria instalada.

## **1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA**

La iluminación es uno de los principales sistemas de consumo de energía en edificios; se estima que cerca del 19% de la energía consumida a nivel mundial se utiliza en este tipo de sistemas. Por lo cual, se catalogan como la segunda fuente de consumo de energía eléctrica [3].

El Edificio de Ingeniería Eléctrica posterior a su remodelación se transformó en una edificación automatizada (aire acondicionado, control de acceso, iluminación, CCTV) en el campus de la Universidad Industrial de Santander. Su sistema de iluminación incluye sensores de presencia, fotoceldas ON/OFF, fotoceldas dimerizables y demás componentes. Con esta propuesta se desea optimizar el consumo de energía teniendo en cuenta las estrategias de automatización planteadas en este trabajo de investigación.

## **2. OBJETIVOS**

A continuación se presentan los objetivos de este trabajo y sus respectivos alcances.

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

El trabajo de grado trata sobre un análisis introductorio del potencial impacto del componente eléctrico en los sistemas de iluminación híbridos automatizados (natural, artificial), específicamente en los siguientes aspectos: la modificación de la instalación eléctrica respecto de un caso de referencia, la afectación de la calidad de la energía eléctrica debido a componentes electrónicos (luminarias, sensores, balastos dimerizables) y la influencia de la dimerización sobre el consumo energético y la iluminancia de la superficie de trabajo.

### **2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

En el desarrollo del trabajo de grado se cumplen los siguientes objetivos:

Caracterizar potenciales modificaciones en la instalación eléctrica de los sistemas de iluminación artificial de tres espacios interiores específicos del Edificio de Ingeniería Eléctrica debido a diversas estrategias de automatización de la iluminación y con respecto a un caso base.

Caracterizar la relación entre la dimerización (lámpara fluorescente), la iluminancia en superficie de trabajo y el consumo eléctrico para dos modelos de luminarias.

Cuantificar los índices de distorsión armónica total de corriente (%THDI) y distorsión armónica total de tensión (%THDV) de sensores (presencia, fotocelda On/Off y fotocelda dimerizable) y lámparas (fluorescente On/Off, fluorescente dimerizable y LED).

### 3. ALCANCE DEL TRABAJO

Se trabajó en tres consideraciones eléctricas relacionadas con la inclusión de la automatización en los sistemas de iluminación de espacios interiores con base en la infraestructura del Edificio de Ingeniería Eléctrica.

Para realizar el análisis de las afectaciones eléctricas se utilizó la información de la automatización de la edificación. Para el desarrollo del trabajo de grado se establecieron 3 áreas interiores del edificio y 7 estrategias de automatización para lo cual da un total de 21 casos de estudio. En las implicaciones eléctricas se determinaron las posibles modificaciones que pueden tener el diseño y el cableado del sistema de iluminación.

Las estrategias de automatización que se estudiaron en este trabajo de grado se definieron de la siguiente forma:

- ✓ **Control por presencia y fotocelda On/Off.** Las luminarias serán controladas automáticamente en dos niveles. El sensor de ocupación será el nivel primario. La fotocelda On/Off será el nivel secundario y determinará el encendido y apagado según el nivel de iluminación en el punto crítico del espacio.
- ✓ **Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off.** Las luminarias serán controladas automáticamente en tres niveles. El sensor de ocupación será el nivel primario. La fotocelda On/Off será el nivel secundario y determinará con su retorno el encendido y apagado de todas las luminarias según el nivel de iluminación en el punto crítico del espacio. La fotocelda dimerizable ajustará con su retorno el nivel de flujo luminoso de todas las luminarias de acuerdo al punto crítico.
- ✓ **Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador.** Las luminarias serán controladas automáticamente en varios niveles. Cada luminaria

será un grupo de control, un total de  $n$  luminarias. El sensor de ocupación y las  $(n)$  fotoceldas serán las entradas del controlador, el cual estará instalado dentro del espacio. El controlador tendrá un programa de operación para definir el estado (On/Off) de cada grupo de control. Habrán  $n$  señales de salida para el encendido y apagado de las  $n$  luminarias, para lo cual se usarán  $n$  relés y  $n$  contactores.

✓ **Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off.** Las luminarias serán controladas automáticamente en tres niveles. El sensor de ocupación será el nivel primario. La fotocelda On/Off será el nivel secundario y determinará con su retorno el encendido y apagado de las  $n$  luminarias según el nivel de iluminación en el punto crítico del espacio. El tercer nivel será determinado según una fotocelda dimerizable asociada a cada luminaria, cuyo retorno ajustará el nivel de flujo luminoso de forma individual.

✓ **Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador.** Las luminarias serán controladas automáticamente en varios niveles. Habrán 2 grupos de control. El sensor de ocupación y las fotoceldas serán las entradas del controlador, el cual estará instalado dentro del espacio. El controlador tendrá un programa de operación para definir el estado (On/Off) de cada grupo de control. Habrán 2 señales de salida para el encendido y apagado de los 2 grupos de control, para lo cual se usarán 2 relés y 2 contactores.

✓ **Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off.** Las luminarias serán controladas automáticamente en tres niveles. El sensor de ocupación será el nivel primario para los dos grupos de control; con su fotocelda incluida determinará el encendido del primer grupo de control, aunque su apagado dependerá sólo de la ocupación. La fotocelda On/Off será el nivel secundario y determinará con su retorno el encendido y apagado de un grupo de control según el nivel de iluminación en el punto crítico de ese grupo de control. La fotocelda dimerizable ajustará con su retorno el nivel de flujo luminoso del segundo grupo de control de acuerdo a su punto crítico.

✓ **Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador.** Las luminarias serán controladas automáticamente en varios niveles. Habrán 3 grupos de control. El sensor de ocupación y las fotoceldas serán las entradas del controlador, el cual estará instalado dentro del espacio. El controlador tendrá un programa de operación para definir el estado (On/Off) de cada grupo de control. Habrán 3 señales de salida para el encendido y apagado de los 3 grupos de control, para lo cual se usarán 3 relés y 3 contactores.

Se determinó el costo financiero de los casos analizados en diseño eléctrico y cableado, para las posibles modificaciones al sistema de iluminación en los espacios y estrategias definidas en este trabajo de grado.

Se estudiaron dos referencias de luminarias fluorescente, tipo de lámpara F17T8, potencia de 4\*17W, tipo de bombillo T8, ancho 60cm, largo 60cm, balastro dimerizable IZT-2S32-SC y luminaria LED, potencia 4\*10W, tipo de bombillo T8, ancho 60cm, largo 60cm. Se caracteriza la relación de la señal de dimerización (lámpara fluorescente) y de consumo eléctrico haciendo uso de un medidor de energía.

Finalmente, se cuantificarán los índices de calidad de la energía como la distorsión armónica total de corriente (%THDI) y, la distorsión armónica total de tensión (THDV).

#### ❖ **Descripción del documento**

Este trabajo de grado tiene por finalidad establecer el comportamiento y características de consumo energético del sistema de iluminación del Edificio de Ingeniería Eléctrica mediante estrategias de automatización y curvas de comportamiento lumínico. Los resultados serán obtenidos con mediciones en los sitios seleccionados, y diseñadas por medio de software que haga posible la interpretación de los resultados obtenidos para este trabajo.

El documento consta de cinco capítulos; el primero es introductorio a la temática; en un segundo capítulo se aborda la presentación de diseños de las estrategias de automatización de los espacios interiores del Edificio de Ingeniería Eléctrica. El tercer capítulo trata sobre la medición de la iluminancia. El análisis de la calidad de energía de los dispositivos de automatización es presentado en el cuarto capítulo. Las conclusiones y recomendación se exponen en el quinto capítulo. La parte final del documento contiene los anexos que complementan y profundizan la realización del trabajo de grado

## **4 GENERALIDADES**

En esta sección se presentan algunas definiciones de temas relacionados con el uso racional de la energía, iluminación natural, efectos, iluminación artificial, sistemas de automatización de iluminación, entre otros a fin de ampliar la visión de la temática desarrollada a lo largo de este trabajo.

### **4.1 USO RACIONAL DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA**

El uso racional y eficiente de la energía eléctrica consiste en satisfacer las necesidades energéticas de un sector con la menor inversión posible de recursos, sin sacrificar los beneficios que ésta ofrece [2], [11]. La iluminación natural presenta una alternativa para reducir la inversión de recursos al utilizar un recurso propio del medio para iluminar el interior de un recinto y reducir el consumo de energía eléctrica [1], [11].

### **4.2 ILUMINACIÓN DE INTERIORES**

Es definida como el procedimiento para llevar al interior o generar la cantidad de flujo luminoso necesario dentro de un local a fin de garantizar niveles de iluminación adecuados para cada actividad particular a desarrollar dentro de este [12], [13]. Las metodologías, equipos, elementos y materiales utilizados para iluminar son de gran variedad y es a criterio del profesional en iluminación decidir la mejor opción para llevar a cabo una correcta iluminación del recinto. [12], [13].

### **4.3 ILUMINACIÓN NATURAL**

La iluminación natural consiste en utilizar de una manera útil y adecuada la luz natural proveniente de la energía radiante del sol al interior del recinto a iluminar, con el fin de aportar y/o lograr los niveles de iluminación requeridos para el desarrollo de actividades al interior de este [4], [12].

La luz natural es la principal fuente luminosa de mayor eficiencia que proporciona un contraste perfecto de colores. Las características y disponibilidad de la luz natural depende de factores meteorológicos, hora del día, ubicación geográfica, y época del año entre otros [4], [14]. La luz natural está compuesta por luz solar directa que es el haz de luz emitido directamente por el sol, y la luz del cielo que es luz difusa reflejada en la atmosfera [1], [14].

### **4.4 BENEFICIOS DE LA LUZ NATURAL**

La luz natural aporta a nuestra vida grandes beneficios como lo son: menor esfuerzo en la lectura, mayor concentración en el trabajo, es un antidepresivo, disminuye la tensión ocular, aporta sensaciones de bienestar, aumenta la productividad, reduce la irritabilidad, disminuye las emisiones de CO<sub>2</sub> y, disminuye la fatiga [15].

La luz es el principal factor de incidencia sobre el reloj biológico de las personas. Una variación de la sincronización de este influye en el estado de ánimo a raíz de cambios tanto fisiológicos como psicológicos [2], [4], [14]. Estos cambios sobre las personas pueden mejorar su rendimiento y avivar su estado de alerta, entre otros [2], [4].

Adicionalmente, con la iluminación natural se obtienen los siguientes beneficios económicos: reducción del consumo de energía en el sistema de iluminación

(reducción del uso de iluminación artificial), aumento de la vida útil de la instalación eléctrica de iluminación y reducción de sus gastos de mantenimiento [16].

#### **4.5 IMPORTANCIA E IMPACTOS DE LA ILUMINACIÓN NATURAL**

La importancia de la implementación de sistemas de iluminación híbridos (luz solar y luz artificial), nace de la necesidad de atenuar los efectos del calentamiento global, como parte del diseño de edificaciones amigables con el medio ambiente.

Al comparar el uso de la luz día como fuente de iluminación y los sistemas de iluminación artificiales (sistema LED o fluorescente) se observó información sobre ventajas y desventajas de los sistema híbridos; sin embargo, al profundizar en estos aspectos se encuentra la complejidad de los factores que involucran esta comparación.

La iluminación disponible por las mejores condiciones de la luz del día es mucho mayor que la aportada por la artificial; por otra parte la luz del día es una cantidad variable. Al realizar las mediciones fotométricas se puede observar que ocurren cambios notables en la intensidad de la luz en periodos cortos de tiempo. Por tanto es deseable seleccionar métodos que propendan por mantener constante la intensidad de la luz dentro de un espacio de trabajo. Esto es factible a partir de sistemas de iluminación híbridos o mixtos [17].

#### **4.6 NECESIDAD DE LOS SISTEMAS DE ILUMINACIÓN HÍBRIDOS**

Los sistemas de iluminación híbridos brindan beneficios globales, en la medida que instalándolos es posible ahorrar energía eléctrica, costos en facturación por consumo energético y la reducción de la huella de carbono de las edificaciones [18].

Un estudio hecho por *la Green Light New York*<sup>1</sup> sobre las oficinas en *New York* dio como resultado que se ahorrarían cerca de 70 millones de dólares al año por costo en consumo energético de sistema de iluminación artificial si todos los espacios fueran adaptados para usar luz natural [18]. Adicional a esto, también se podría tener ahorro por mantenimiento, mejoras en las practica de construcciones sustentables, aumento de la seguridad de personas y bienes, todo esto sin afectar el confort y las facilidades de uso [19].

La implementación de la temática de edificios automatizados es de obligatorio cumplimiento según el REGLAMENTO TÉCNICO DE ILUMINACIÓN Y ALUMBRADO PUBLICO ( RETILAP) en su sección 450 “ EFICIENCIA ENERGÉTICA MEDIANTE CONTROL DE ALUMBRADO” establece que “las nuevas edificaciones industriales, comerciales o de uso oficial con más de 500 m<sup>2</sup> de construcción deben disponer de sistemas de automatización de iluminación, con criterio URE”, lo que obliga en cuanto sea posible al aprovechamiento de la iluminación natural y la automatización de la iluminación artificial [11].

#### **4.7 ESTRATEGIAS DE AUTOMATIZACIÓN Y REGULACIÓN DE ILUMINACIÓN**

Las formas de automatización de iluminación artificial pueden ser agrupadas en su mayoría según como sigue:

- ❖ Atenuación del flujo luminoso de las luminarias o dimerización: con el fin de evitar los cambios bruscos, se usan dispositivos y fuentes que permitan dimerizar la iluminancia a un nivel requerido.
- ❖ Control de encendido y apagado automático: utilizando elementos fotoeléctricos y sistemas detectores de presencia se consigue que la iluminación artificial se encienda o se apague según criterios preestablecidos.

---

<sup>1</sup> Organización que proporciona una educación sobre el uso eficiente de la energía.

- ❖ Sistemas de control automáticos de niveles de iluminación (SACI): Se controla el alumbrado artificial, con el fin de obtener una iluminancia lo más constante posible al transcurrir el día; para dicho fin el sistema debe controlar individualmente o en conjunto los siguientes parámetros:
  - Nivel de iluminancia por la luz artificial o natural.
  - Ocupación de las oficinas.
  - Horario de ocupación de las oficinas.

Con la finalidad de mejorar la automatización del sistema de iluminación híbrido es posible integrarlo con los sistemas de domótica o inmótica, aplicando alguno de los métodos de automatización que se mencionan a continuación [11], [19].

- a. Control por presencia: es un sistema de encendido o apagado automático de luminarias que responde a si la oficina está o no ocupada.
- b. Medir la luz: según la cantidad de luz en el espacio, tanto natural como artificial, se regula la luz artificial para garantizar un flujo luminoso constante.

## **5. DISEÑO ELÉCTRICO DE LAS ESTRATEGIAS DE AUTOMATIZACIÓN DE ILUMINACIÓN DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

En este capítulo se presenta el diseño de las estrategias de automatización para las áreas seleccionadas en el Edificio de Ingeniería Eléctrica, contará con la diagramación y ubicación de los elementos electrónicos de automatización, al igual que el trazado de los ductos y el cableado utilizado para el control de cada uno de los dispositivos, además se cuantificara el costo de cada una de las estrategias propuestas en este trabajo de investigación.

### **5.1 DISEÑO INTERIOR DE LAS ESTRATEGIAS DE AUTOMATIZACIÓN**

Para realizar el diseño de las estrategias de automatización y la caracterización de las potenciales modificaciones en la instalación eléctrica del sistema de iluminación artificial, en los espacios interiores del Edificio de Ingeniería Eléctrica, se tuvieron en cuenta 7 estrategias de automatización, en tres áreas interiores de la edificación, para un total de 21 casos de estudio, en los cuales se analizaron las implicaciones eléctricas que pueda tener el diseño y cableado del sistema de iluminación. Además se definieron dos escenarios, el primero haciendo uso del cableado y los ductos existentes y el segundo se realizó el diseño de las estrategias de automatización iniciando la instalación desde el principio (no precedente). Esto con el objetivo de poder comparar las dos opciones diseñadas.

### **5.2 ZONAS DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

El criterio de selección de las áreas de estudio para este proceso de investigación, se realizó teniendo en cuenta el número de luminarias en cada una

de ellas. Ya que es de vital importancia definir los grupos de control que se van a estudiar en cada una de las estrategias diseñadas.

Para la primera área se tomó como criterio de selección 4 luminarias, uno de los espacios que cumplía con este requerimiento es la Sala de Reuniones del 5 piso. Para la segunda área se seleccionó el salón 205 de la segunda planta de la edificación, ya que esta área tiene 6 luminarias instaladas. Y para la tercera área fue seleccionado el salón 204, que tiene instaladas 9 luminarias.

### 5.3 GRUPOS DE CONTROL DE LAS ESTRATEGIAS DE AUTOMATIZACIÓN

Para cada una de las estrategias de automatización se definen los grupos de control y los dispositivos electrónicos como se observa en la Tabla 1, estos serán instalados en cada uno de los diseños propuestos en este trabajo de grado.

**Tabla 1. Grupos de control y componentes.**

N	Estrategia	Grupo de control	Componentes				
			Sensor	Foto On/Off	Foto dimerizable	Power pack	Rele
1	Control por presencia y fotocelda On/Off.	1 (todas las luminarias)	1	1	0	2	0
2	Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off.	1 (todas las luminarias)	1	1	1	2	0
3	Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador.	n (todas las luminarias)	1	0	n	1	n
4	Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off.	n (todas las luminarias)	1	1	n	2	0
5	Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador.	2	1	0	1	1	2
6	Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On /Off.	2	1	1	1	2	0
7	Control por presencia fotocelda dimerizable y controlador.	3	1	0	3	1	3

## **5.4 DISEÑO DE LAS ESTRATEGIAS DE AUTOMATIZACIÓN PARA EL SALÓN 205**

Para la presentación de la información de los diseños de las estrategias en las áreas seleccionadas, a continuación se presentan dos planos, uno correspondiente al cableado, ductos y control de cada uno de los grupos (luminarias) instalados en el área y el otro representa las medidas donde quedaron ubicados los elementos de automatización. Este plano se presenta en el Anexo A. Algo importante a resaltar es que el diseño no incluyó la reubicación de las luminarias, solo involucro ductos, cableado y ubicación de los elementos electrónicos de automatización del sistema de iluminación.

Para la presentación de los diseños de automatización se realizó el análisis y descripción detallada de cada una de la implementación de las estrategias en cada área seleccionada. Se presenta la información del salón 205 teniendo en cuenta los ductos y el cableado existente, las áreas restantes serán consignadas en el Anexo A.

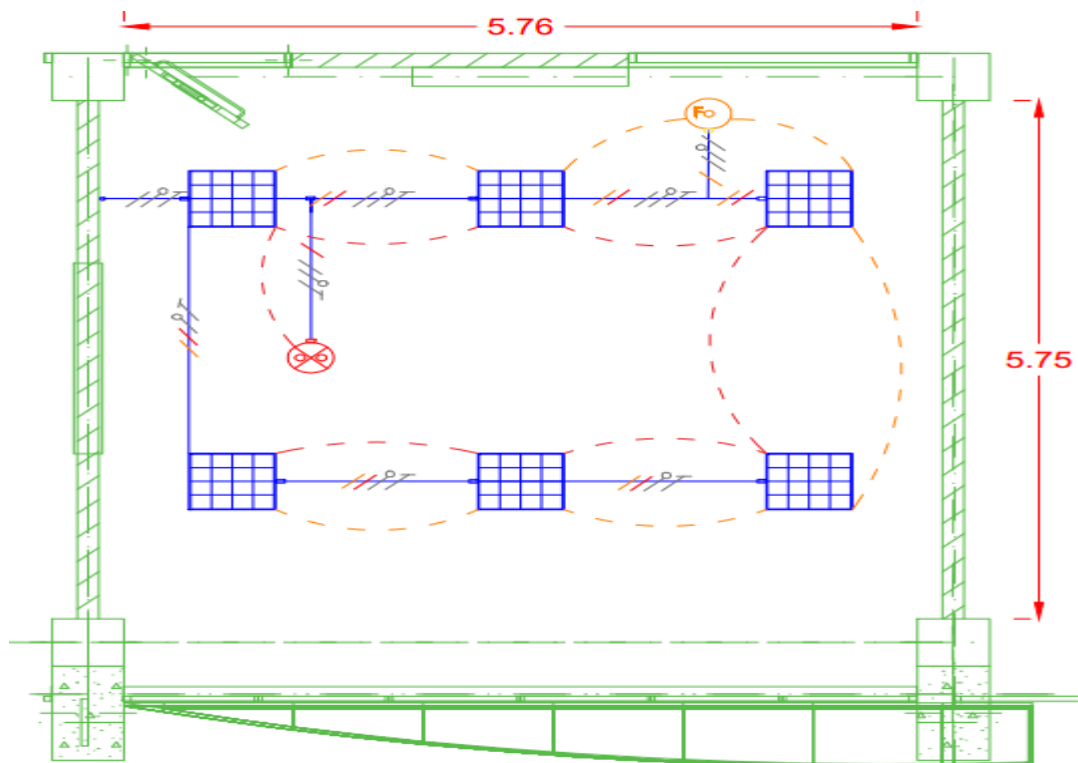
Las convenciones de los planos esta por colores, para el sensor de presencia se manejó el color rojo, para la fotocelda dimerizable se trabajó con el verde y para la fotocelda On/Off con el naranjado, todo esto se cumple tanto para el control de las luminarias, como para el cableado.

**5.4.1 Control por presencia y fotocelda On/OFF.** El criterio que se utilizó para la ubicación de cada uno de los elementos fue considerar el punto crítico del área de estudio. Para esta área se presenta donde está ubicada la fotocelda On/Off. Esta estrategia se trabajó con un grupo de control para todas las luminarias. El grupo de control hace referencia a las luminarias que se controlaran.

El punto crítico de un espacio se presenta en el espacio donde la iluminancia es muy baja o nula. En referencia al sensor de presencia se ubicó en ese espacio teniendo en cuenta que es un sensor de cobertura de 180 grados y es la ubicación donde presenta la mayor eficiencia de trabajo para optimizar el sistema de iluminación.

En la Figura 1 se puede observar el cableado que se utilizó para implementar la estrategia de automatización, se describen los conductores de la fase, el neutro y la puesta a tierra, además se observa el conductor que realiza el control del sensor de presencia y la fotocelda On/Off, también se muestra el trazado de los ductos.

**Figura 1. Diseño estrategia 1 de automatización salón 205 (considerando los ductos existentes).**

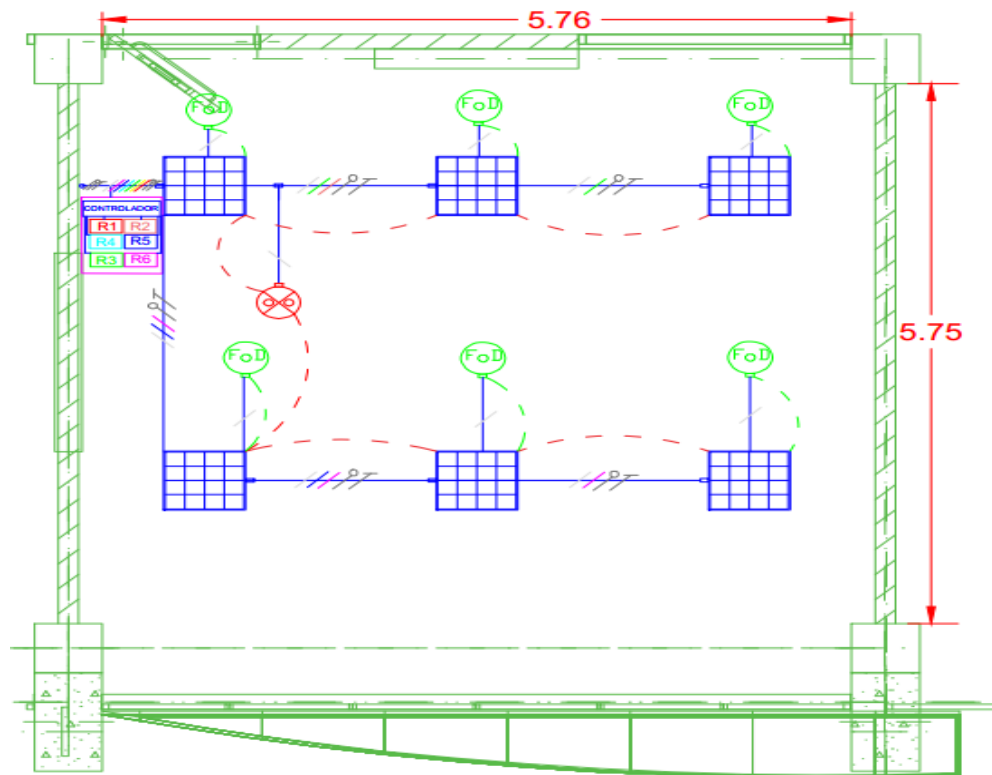




**5.4.3 Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador.** Se diseñó para 6 grupos de control. Los grupos de control se definen teniendo en cuenta las luminarias instaladas en el área y la forma como se quieren controlar, en este caso se implementó para que cada luminaria se controle individualmente por medio del sensor de presencia y una fotocelda dimerizable instalada a cada luminaria, la cual envía la señal al controlador y este a su vez envía la señal al relé instalado en cada grupo de control para que se energice la luminaria.

En este caso se utilizó un controlador, un sensor de presencia y seis fotoceldas dimerizables. Un aspecto importante en el diseño de esta estrategia es que el controlador y los relés se ubicaron dentro del área a controlar para facilitar la realización de mantenimiento y programación (ver Figura 3).

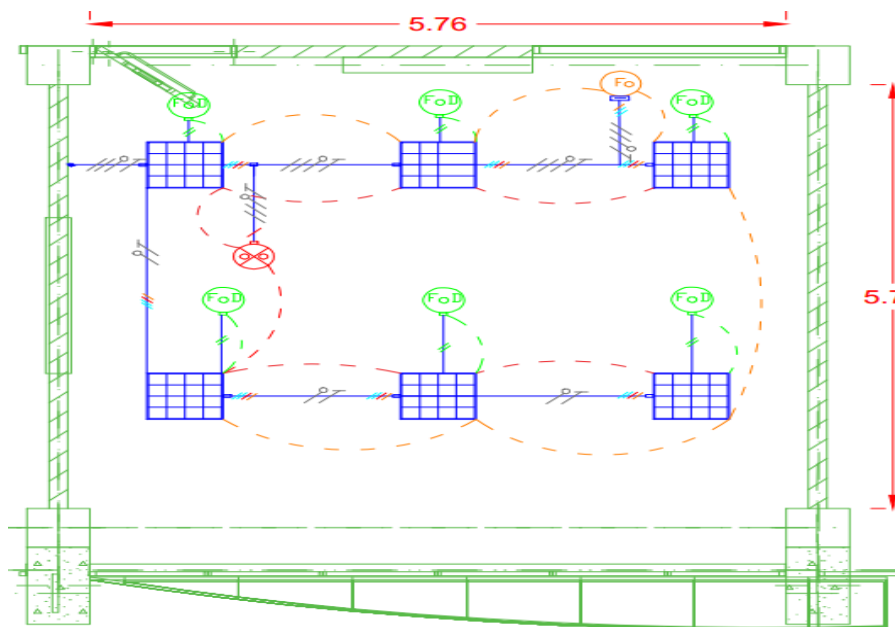
**Figura 3. Diseño estrategia 3 de automatización salón 205 (considerando los ductos existentes).**



**5.4.4 Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off.** Los grupos de control que se diseñaron para esta estrategia son 6. Se instalaron un sensor de presencia, fotocelda dimerizable en cada una de las luminarias, y una fotocelda On/Off para todas las luminarias, en la Figura 4 se observa que a cada una de las fotoceldas dimerizables se le debe adicionar otro conductor eléctrico debido a que solo se utilizaron 2 *power packs*, por tal motivo es que se debe utilizar el conductor celeste que aparece en el plano para que pueda realizar la conexión entre el power pack y las fotoceldas dimerizables. Esto es necesario debido a que la fotocelda dimerizable debe trabajar a la tensión y corriente adecuada para su buen funcionamiento.

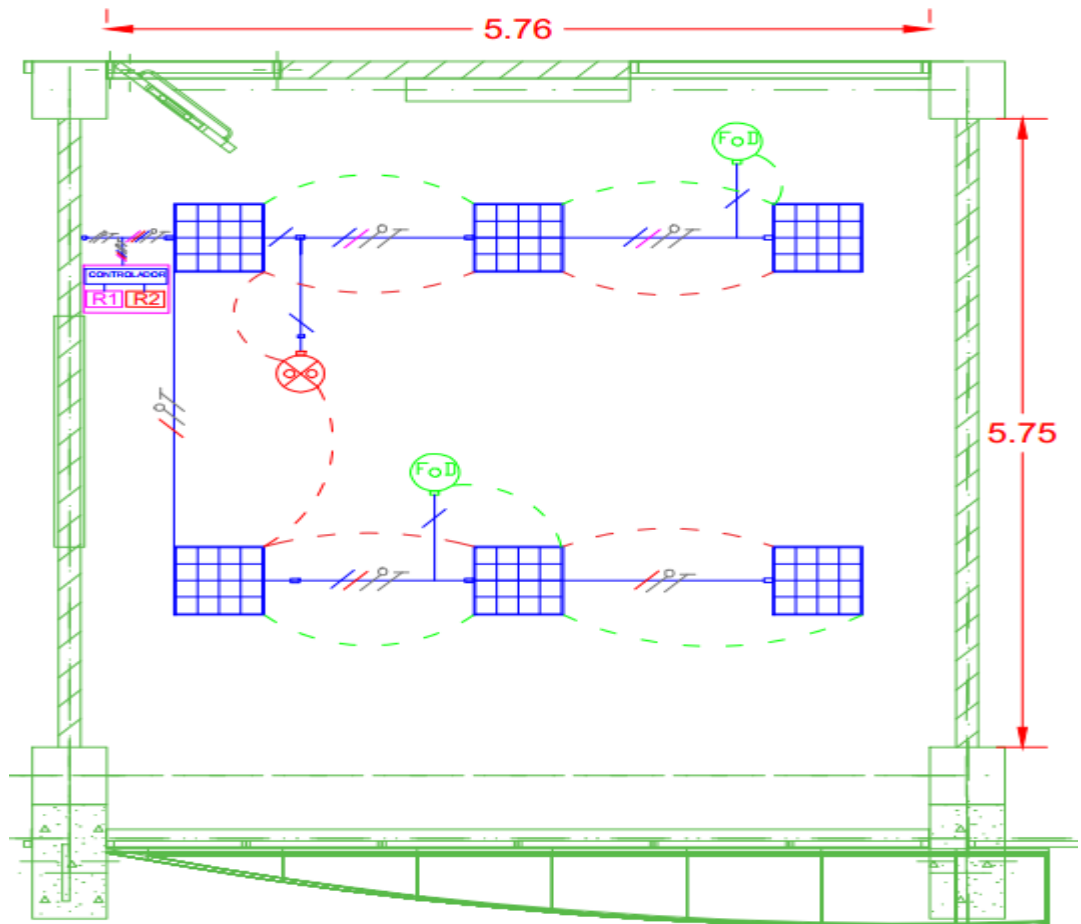
Las convenciones de los planos está por colores, para el sensor de presencia se manejó el color rojo, para la fotocelda dimerizable se trabajó con el verde y para la fotocelda On/Off con el naranjado; todo esto se cumple tanto para el control de las luminarias, como para el cableado.

**Figura 4. Diseño estrategia 4 de automatización salón 205 (considerando los ductos existentes).**



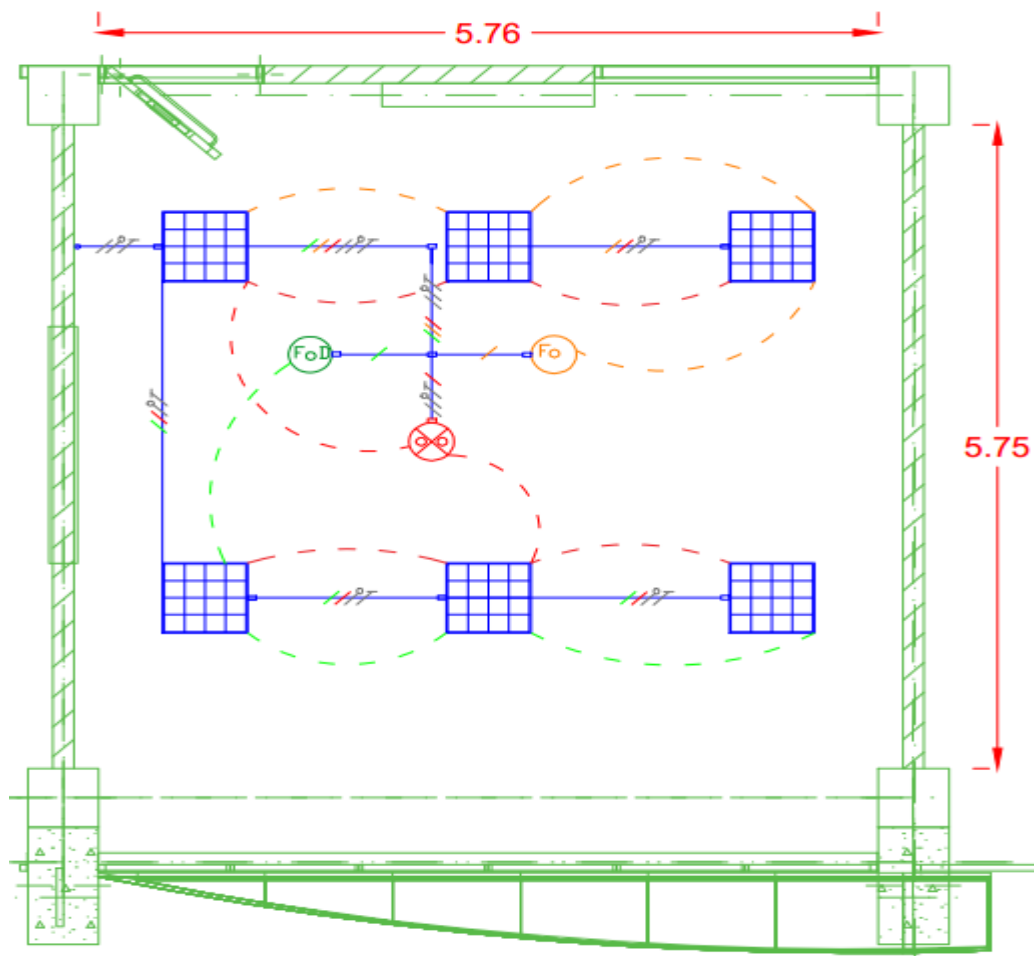
**5.4.5 Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador.** Se utilizaron dos relés para definir los grupos de control; las luminarias que se encuentran instaladas al lado de la puerta se definen como el primer grupo de control y las luminarias instaladas al lado de la ventana es el segundo grupo. Además se utilizaron dos fotoceldas dimerizables y un sensor de presencia que envía la señal al controlador, este envía la señal al relé para así energizar el grupo de luminarias deseado. Todo esto se ejecuta si se cumplen las condiciones de los dispositivos, existe presencia y además si la iluminancia cumple con el rango de funcionamiento de la fotocelda dimerizable.

**Figura 5. Diseño estrategia 5 de automatización salón 205 (considerando los ductos existentes).**



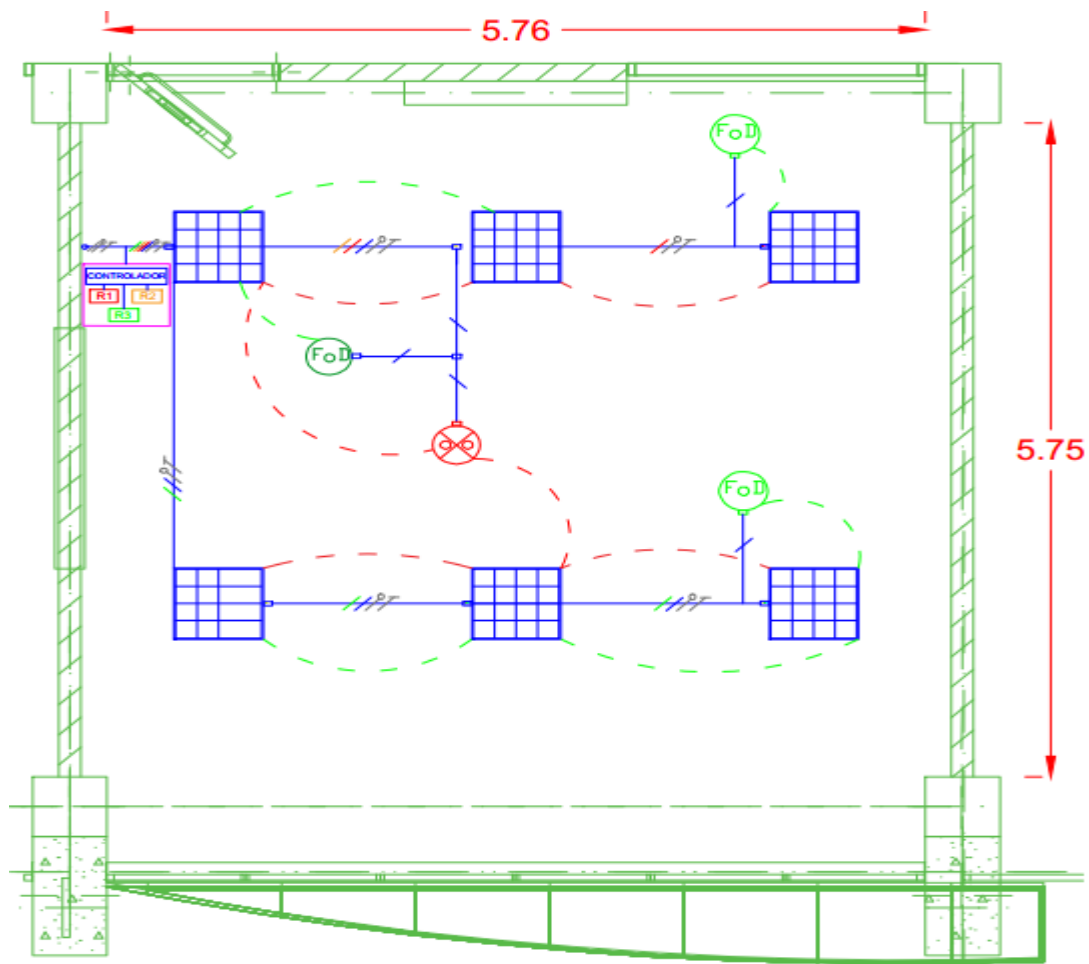
**5.4.6 Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off.** Esta estrategia de automatización se diseñó para dos grupos de control; se utilizó un sensor de presencia de 360 grados, una fotocelda dimerizable y una fotocelda On/Off. El sensor de presencia controla los dos grupos de control, mientras que la fotocelda dimerizable controla el primer grupo que son las tres luminarias que están instaladas a lado de la pared, y la fotocelda dimerizable controla las tres luminarias restantes. Para este diseño se utilizaron dos *power pack*, uno para el sensor de presencia y el otro para las dos fotoceldas (ver Figura 6).

**Figura 6. Diseño estrategia 6 de automatización salón 205 (considerando los ductos existentes).**



**5.4.7 Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador.** Se realizó el diseño para 3 relés y 3 grupos de control. El sensor de presencia controla los tres grupos. El primer grupo de control es la luminaria que se encuentra en el punto crítico, el segundo grupo consta de las dos luminarias que se encuentran cerca a la puerta, y el tercer grupo son las tres luminarias que están cerca a la ventana como se observa en la Figura 7. Para este diseño se utilizó un controlador, un sensor de presencia de 360 grados, tres fotoceldas dimerizables para definir cada uno de los grupos de control.

**Figura 7. Diseño estrategia 7 de automatización salón 205 (considerando los ductos existentes).**



## 5.5 CABLEADO Y DUCTOS DE LAS ESTRATEGIAS DE AUTOMATIZACIÓN

Para realizar el cálculo del cableado de las estrategias de automatización se analizaron dos escenarios en cada área seleccionada en este proceso de investigación.

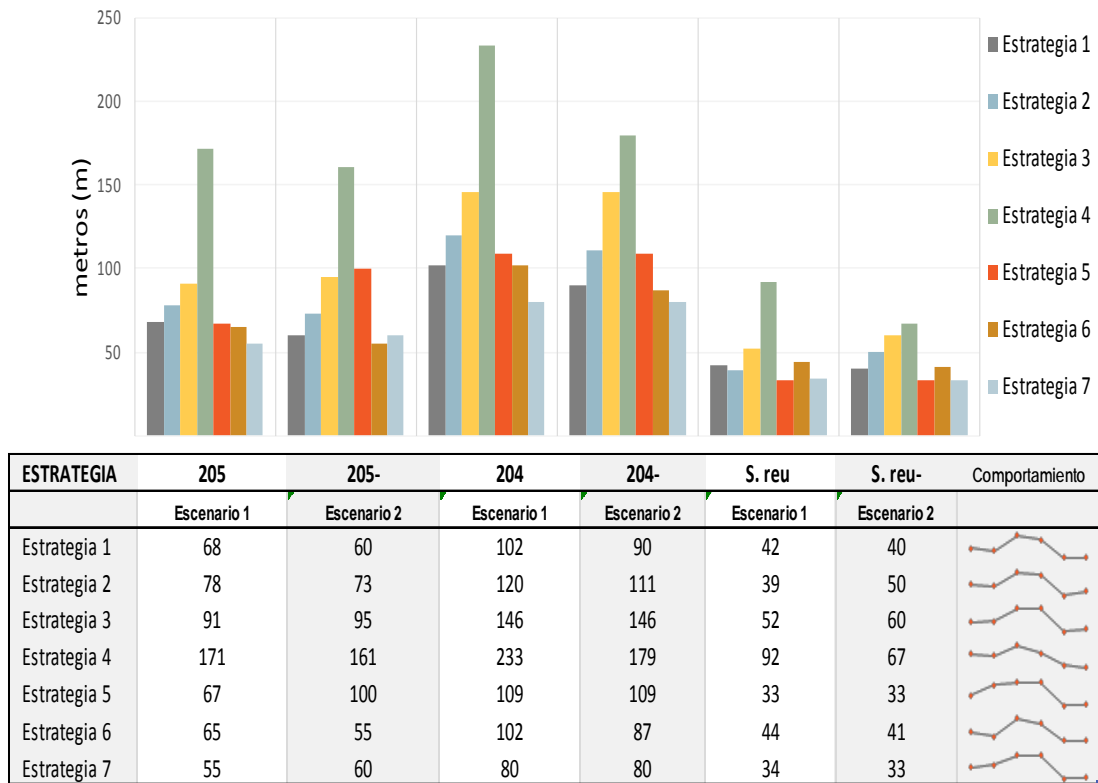
En el primero de los casos se realizó el diseño de la estrategia de automatización, teniendo en cuenta la instalación existente del sistema de iluminación y de ahí se inició la implementación de la nueva estrategia. Para el segundo escenario no se hizo uso de la instalación existente y se procedió a implementar la estrategia sin hacer ninguna consideración del cableado del sistema de iluminación instalado en el Edificio de Ingeniería Eléctrica.

Seguidamente, se procede a calcular el cableado necesario para implementar las estrategias de automatización en cada una de las áreas. Para este proceso de investigación el cable que se utilizó para la implementación de cada uno de los diseños fue cable AWG #12 Cu. Los resultados se plasman en la Figura 8.

El resultado muestra el comportamiento del cableado de las estrategias de automatización en cada una de las áreas escogidas. Como se observa en la Figura 8 se deduce que las áreas de estudio ahora son 6, debido a que se analizaron los dos escenarios descritos anteriormente. El objetivo principal por el cual se diseñaron los dos escenarios, era tener un punto de comparación. Se observa que las variaciones del cableado de un escenario a otro no son relevantes, ejemplo de eso es el escenario de la estrategia 1 del salón 205 (teniendo en cuenta el diseño existente) donde el cableado es 68 m y el salón 205-0 (sin tener en cuenta diseño existente) donde el cableado es 60 m. y ese mismo comportamiento se presenta para las demás estrategias en las otras áreas.

Un aspecto importante que brinda esta investigación es utilizar la cantidad de componentes como criterio de análisis para diseñadores.

**Figura 8. Cableado estrategias de automatización (Cantidades en metros).**

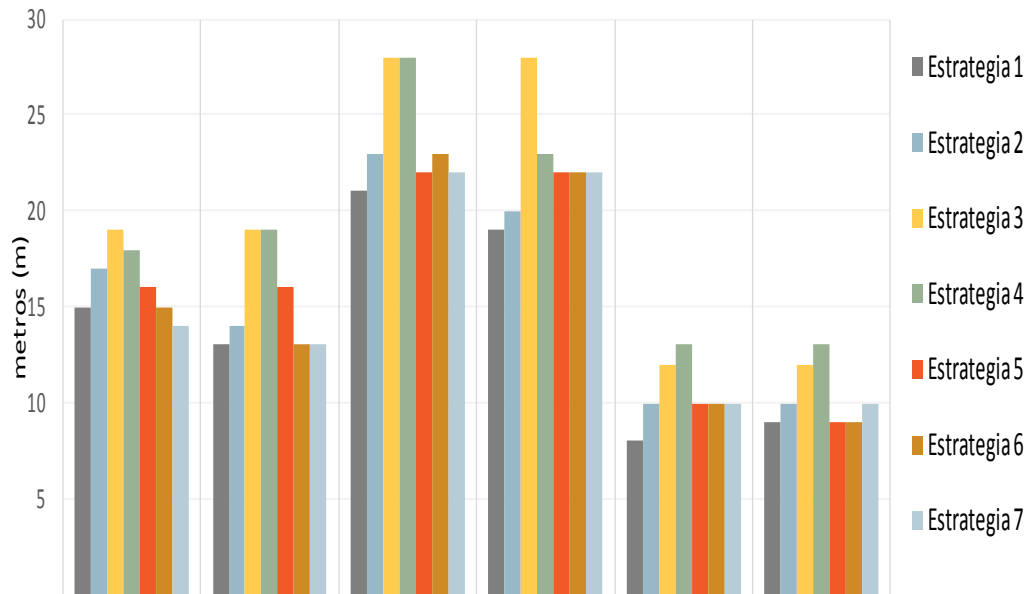


En este trabajo de grado el tubo que se utilizó para la implementación de cada uno de los diseños fue tubo metálico EMT *conduit* galvanizado de ½” en tramos de 3 metros.

En el trabajo de grado se muestra el comportamiento de la cantidad de ductos para las estrategias de automatización en cada una de las áreas seleccionadas. Como se observa en la Figura 9 se determina de forma precisa que la implementación de las estrategias de automatización en cada área relativamente permanece constante ya que la diferencia entre ellas no es relevante, en este caso la diferencia es de 2 m a 3 m, ejemplo de eso es el escenario de la estrategia 1 del salón 205 (teniendo en cuenta el diseño existente) donde los ductos son de 15 m y el salón 205-0 (sin tener en cuenta diseño existente) donde los ductos son

de 13 m. y ese mismo comportamiento se presenta para las demás estrategias en las otras áreas.

**Figura 9. Ductos de las estrategias de automatización (Cantidades en metros).**



ESTRATEGIA	205	205-	204	204-	S-reu	S-reu-	Comportamiento
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 1	Escenario 2	
Estrategia 1	15	13	21	19	8	9	
Estrategia 2	17	14	23	20	10	10	
Estrategia 3	19	19	28	28	12	12	
Estrategia 4	18	19	28	23	13	13	
Estrategia 5	16	16	22	22	10	9	
Estrategia 6	15	13	23	22	10	9	
Estrategia 7	14	13	22	22	10	10	

## **5.6 PRESUPUESTO DE LAS ESTRATEGIAS DE AUTOMATIZACIÓN**

La elaboración y puesta en marcha de un proyecto siempre va de la mano de los costos que genera hacerlo. El análisis del costo general pretende cuantificar y definir el costo de la realización de la implementación de las estrategias, encontrando la solución óptima de tal forma que minimice la inversión satisfaciendo todos los parámetros analizados, usando el método de costos unitarios para lograr discriminar gastos innecesarios.

De esta forma se comprueba que el costo total a invertir es compatible con la solución óptima mediante el correspondiente análisis costo- beneficio.

Se cuantificaron las cantidades que se deben tener en cuenta para ejecutar la instalación del sistema de iluminación automatizado. Además se calcularon los costos AIU y todo lo relacionado con transporte de materiales, mano de obra y cantidades unitarias de cada uno de los elementos necesarios para llevar a cabo la obra.

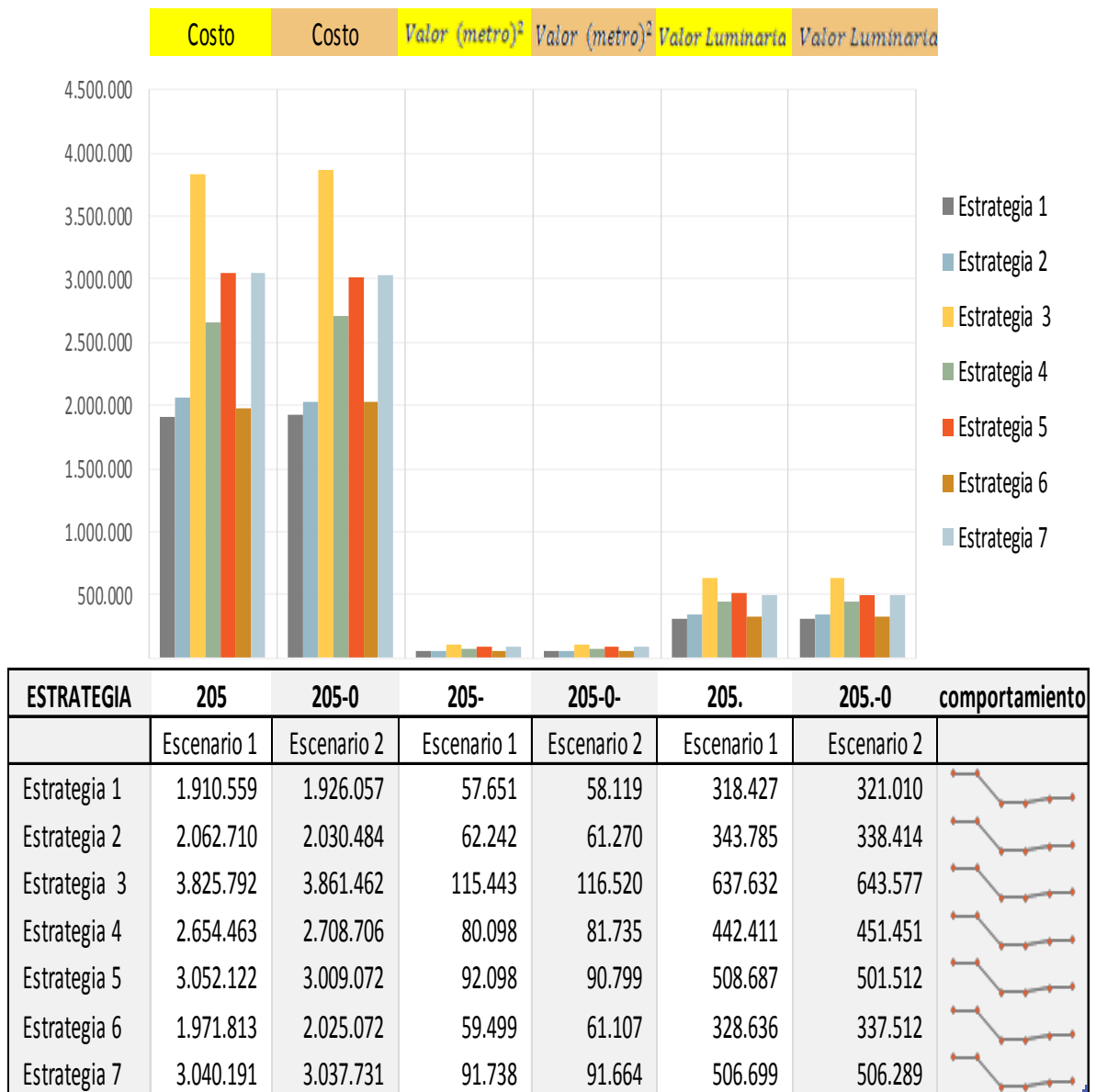
**5.6.1 Presupuesto estrategias de automatización para el salón 205.** En el presupuesto que se obtuvo con la implementación de cada una de las estrategias de automatización para el área del salón 205, se observa claramente el valor real del costo que se tiene que invertir para llevar a cabo la instalación de cada una de las estrategias de automatización en el área seleccionada.

Además se calculó el costo por luminaria instalada y por metro cuadrado, con estos cálculos se quiere facilitar la instalación de cada una de los estrategias de automatización a la hora de elegir la estrategia a instalar.

Con respecto a la Figura 10, se observa que el costo total de la implementación de la estrategia 1 y la estrategia 6 son similares, esta es una característica favorable para esta área, ya que la estrategia 1 trabaja con un grupo de control y

la estrategia 6 con dos grupos de control, es un criterio de selección útil a la hora de decidir cuál estrategia instalar.

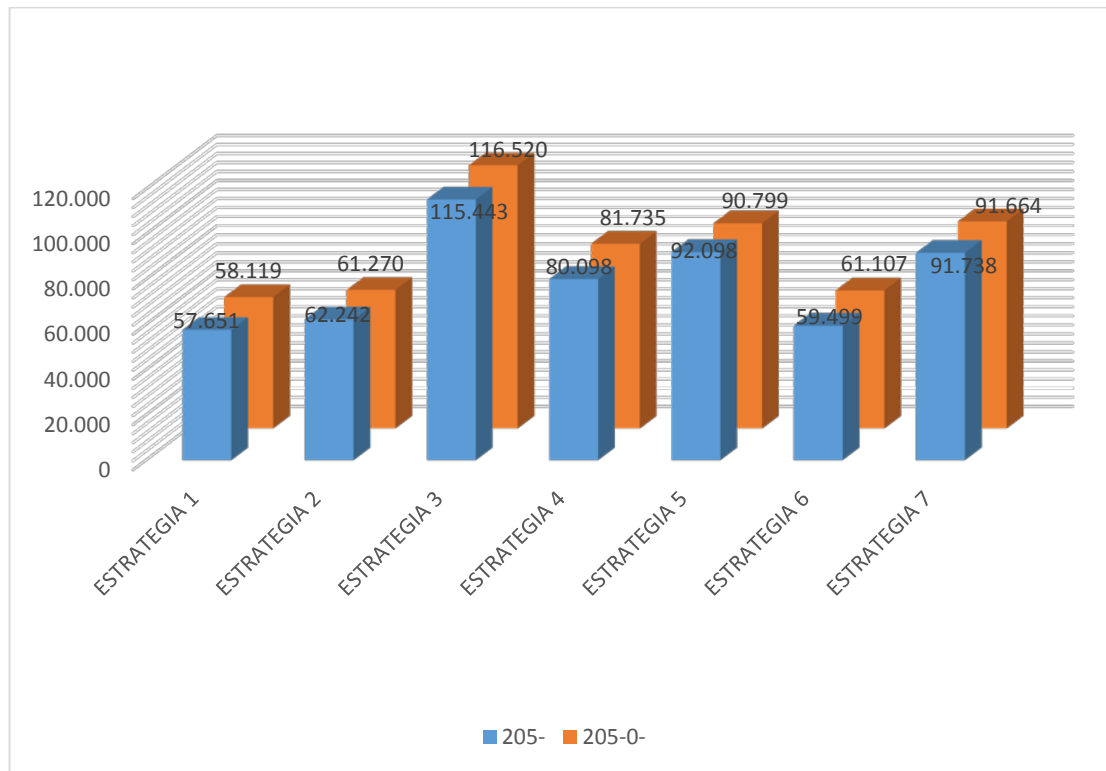
**Figura 10. Presupuesto de las estrategias de automatización para el salón 205.**



**5.6.1.1 Costo por metro cuadrado de las estrategias de automatización para el salón 205.** Para el cálculo del costo por metro cuadrado se tomó el área del salón 205 que corresponde a 33,1 ( $m^2$ ) y se dividió en el costo total de la instalación de cada una de las estrategias de automatización, diseñadas en este proceso de investigación.

En la Figura 11, se observa que el costo por metro cuadrado de la estrategia 5 con dos grupos de control y la estrategia 7 con tres grupos de control, son similares en valor esto representa una característica importante de selección.

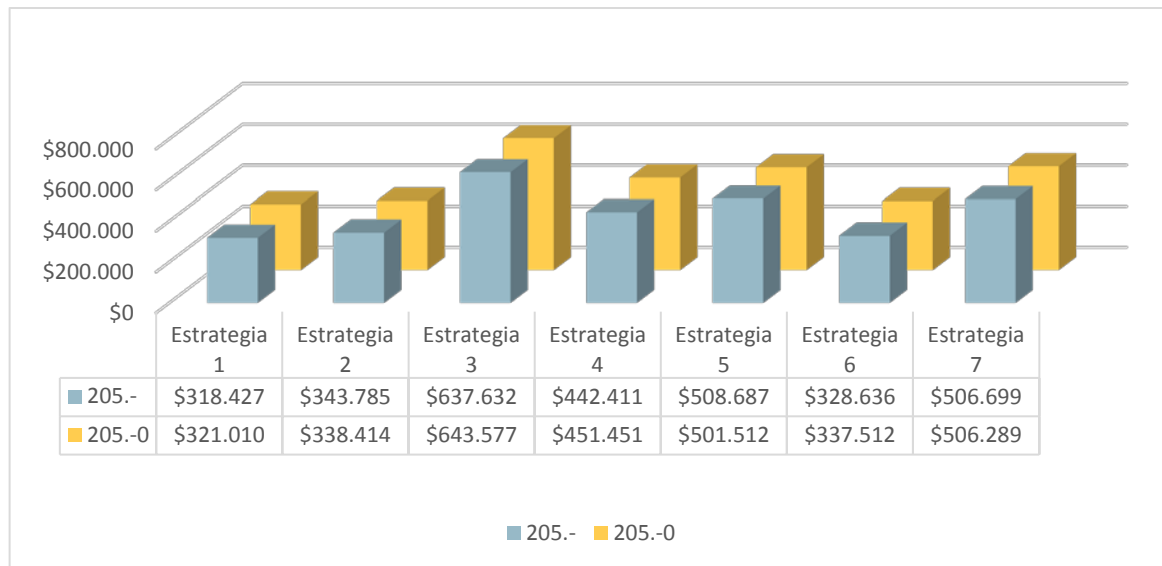
**Figura 11. Costo metro cuadrado salón 205.**



**5.6.1.2 Costo por luminaria instalada de las estrategias de automatización para el salón 205.** Se determinó el costo por luminaria instalada en el área del salón 205 con 6 luminarias instaladas, realizando el cociente entre las luminarias existentes y el costo total de la implementación de cada una de las estrategias de automatización.

Con referencia a la Figura 12, se observa con respecto a la estrategia 3 (n) grupos de control, que presenta el mayor costo de instalación por luminaria con referencia a las demás estrategias.

**Figura 12. Costo luminaria instalada salón 205.**

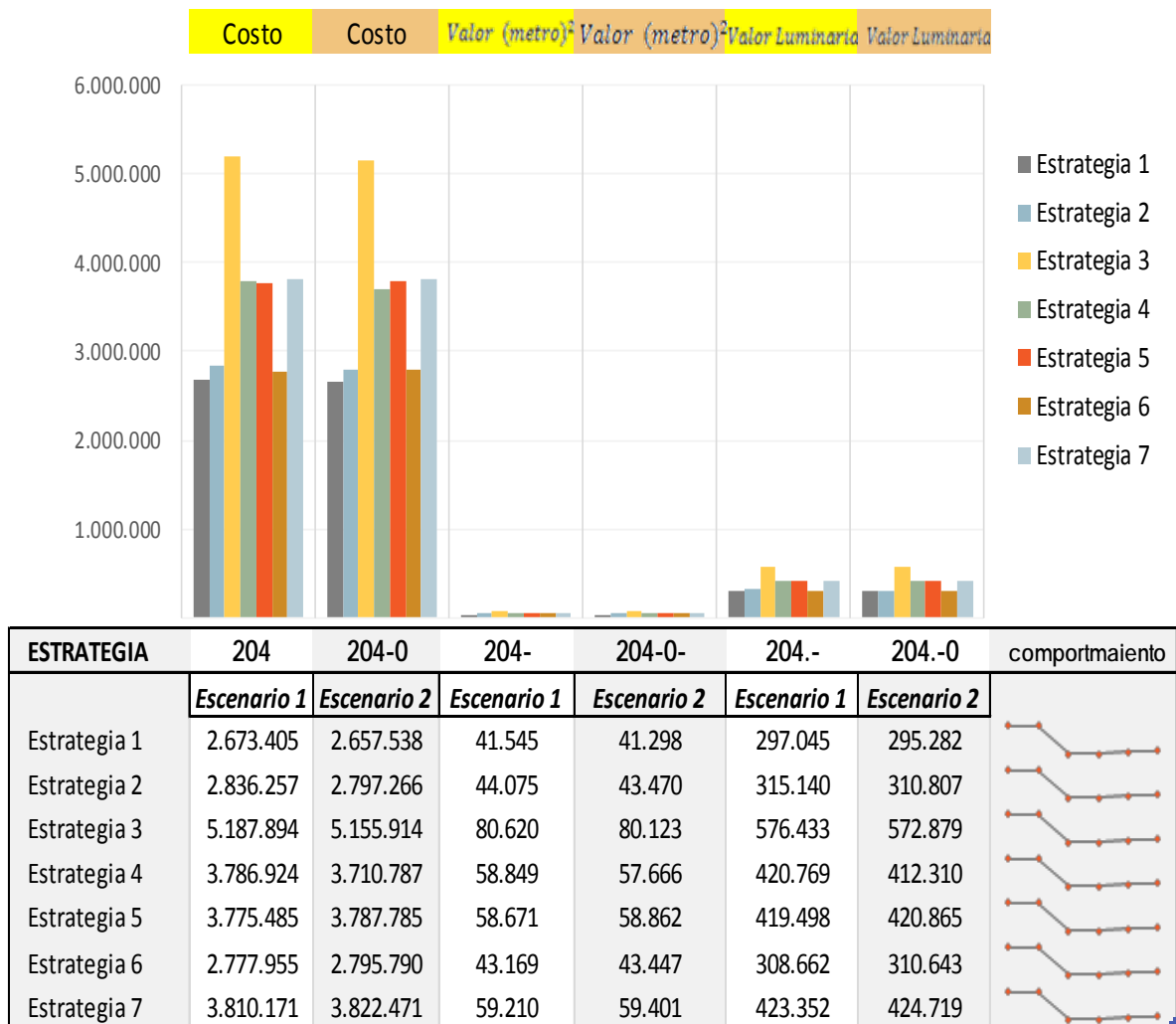


**5.6.2 Presupuesto estrategias de automatización para el salón 204.** El resultado que se obtuvo con la implementación de las estrategias de automatización para el área del salón 204, en ella se describe claramente el valor

real del costo de la instalación de cada una de las estrategias de automatización en el área seleccionada.

En la Figura 13, se observa el comportamiento del costo de implementación de las estrategias y se puede evidenciar que la estrategia 4 con (n) grupos de control y la estrategia 5 con dos grupos de control presentan un valor similar, por lo tanto, se presenta esta característica como criterio de selección al momento de instalar la estrategia en esta área dependiendo de los grupos de control que se deseen implementar.

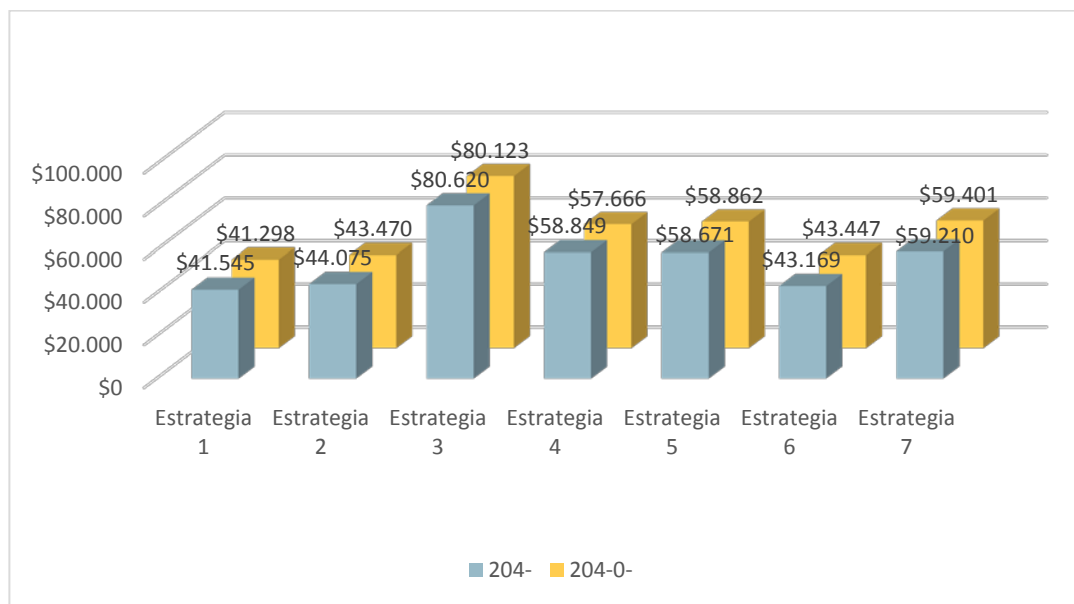
**Figura 13. Costo de las estrategias de automatización para el salón 204.**



**5.6.2.1 Costo por metro cuadrado de las estrategias de automatización para el salón 204.** El cálculo del costo por metro cuadrado para el área del salón 204 que corresponde a 64,3 ( $m^2$ ), se realizó dividiendo el costo total de la instalación de cada una de las estrategias de automatización sobre el área seleccionada, de donde se obtuvo el costo por metro cuadrado de las estrategias diseñadas en este proceso de investigación.

Se observa que el costo de la estrategia 1 con un grupo de control y la estrategia 6 con dos grupos de control, presentan un comportamiento idéntico en el valor (ver Figura 14), por lo tanto, queda a criterio de selección los grupos de control que se deseen instalar en el área con respecto a estas dos estrategias de automatización para el salón 204.

**Figura 14. Costo metro cuadrado salón 204.**



**5.6.2.2 Costo por luminaria instalada de las estrategias de automatización para el salón 204.** Para el salón 204 con 9 luminarias instaladas

se determinó el valor por luminaria realizando el cociente entre costo de la implementación de las estrategias y las luminarias dispuestas en el área.

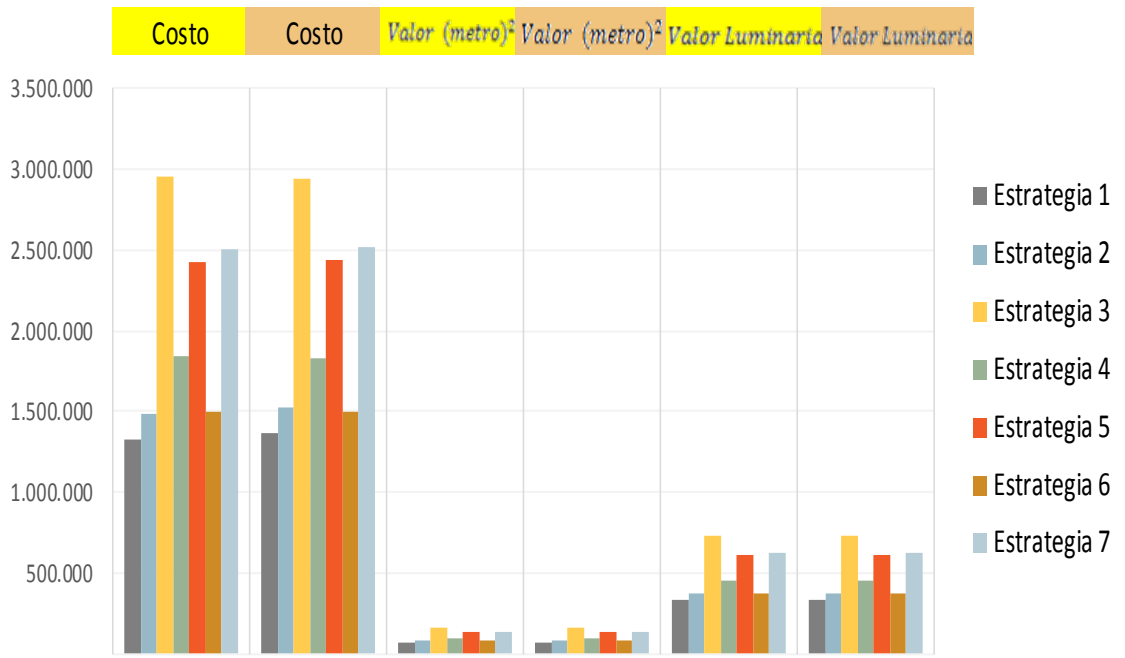
Con referencia a la Figura 15, se observa entre el valor de la luminaria instalada y los grupos de control un comportamiento directamente proporcional. A más grupos de control mayor es el valor del costo de instalación por luminaria con referencia a esta área.

**Figura 15. Costo luminaria instalada salón 204.**



**5.6.3 Presupuesto estrategias de automatización para sala de reuniones.** En la Figura 16, se observa que el costo total de la implementación de la estrategia 2 y la estrategia 6 son similares, esta es una característica favorable para esta área, ya que la estrategia 2 trabaja con un grupo de control y la estrategia 6 con dos grupos de control. Es un criterio de selección útil a la hora de decidir cuál estrategia instalar, dependiendo de los grupos de control que se deseen establecer.

**Figura 16. Costo de las estrategias de automatización para la sala de reuniones.**

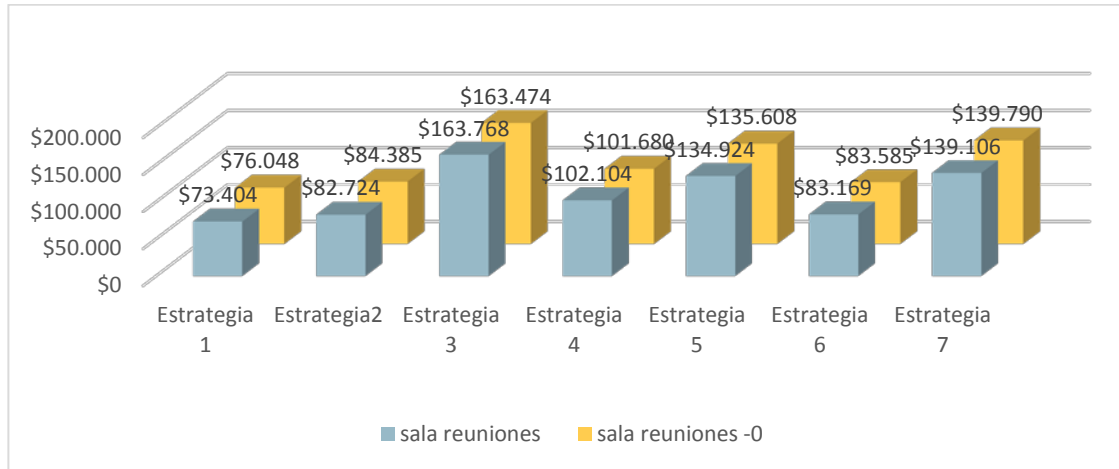


ESTRATEGIA	sala r		sala r-0		sala r-02		Tendencia
	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 1	Escenario 2	
Estrategia 1	1.321.266	1.368.867	73.404	76.048	330.317	342.217	
Estrategia 2	1.489.038	1.518.927	82.724	84.385	372.260	379.732	
Estrategia 3	2.947.818	2.942.529	163.768	163.474	736.955	735.632	
Estrategia 4	1.837.866	1.830.240	102.104	101.680	459.467	457.560	
Estrategia 5	2.428.635	2.440.935	134.924	135.608	607.159	610.234	
Estrategia 6	1.497.033	1.504.536	83.169	83.585	374.258	376.134	
Estrategia 7	2.503.911	2.516.211	139.106	139.790	625.978	629.053	

**5.6.3.1 Costo por metro cuadrado de las estrategias de automatización para la sala de reuniones.** Para el cálculo del costo por metro cuadrado se tomó el área de la Sala de Reuniones que corresponde a 18 ( $m^2$ ), se realizó dividiendo en el costo total de la instalación de cada una de las estrategias de automatización por el área de la sala de reuniones.

Se observa que el costo por metro cuadrado de la estrategia 1 con un grupo de control, presenta un valor inferior con respecto a las demás estrategias este comportamiento se observa en la Figura 17.

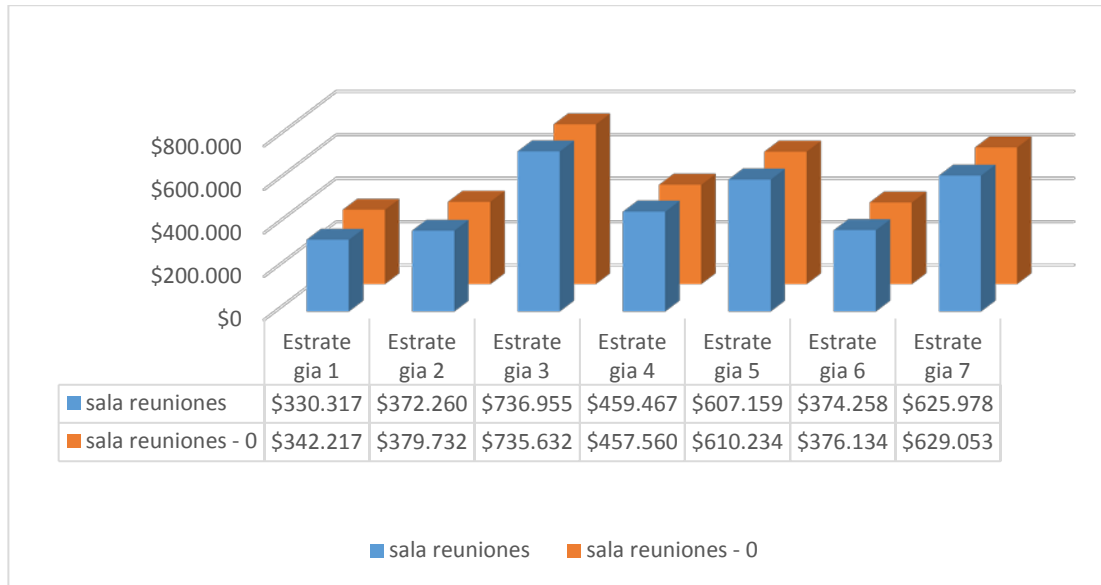
**Figura 17. Costo metro cuadrado sala de reuniones.**



**5.6.3.2 Costo por luminaria instalada de las estrategias de automatización para la sala de reuniones.** Para la Sala de Reuniones con 4 luminarias instaladas se determinó el valor por luminaria realizando el cociente entre costo de la implementación de las estrategias y las luminarias dispuestas en el área.

Con referencia a la Figura 18, se observa entre el valor de la luminaria instalada y los grupos de control un comportamiento directamente proporcional. A más grupos de control mayor es el valor del costo de instalación por luminaria, con referencia a esta área. Además es importante resaltar que las estrategias donde no se usa el controlador, estrategias (1, 2, 4, 6) presentan un valor inferior con respecto a las demás.

**Figura 18. Costo luminaria instalada sala de reuniones.**



**5.6.4 Análisis de precios unitarios de las estrategias de automatización.**

Para el análisis de precios unitarios se realizó la descripción de los materiales de obra, transporte de materiales, mano de obra y costos indirectos (AIU). En esta sección se describe el costo de cada una de las estrategias en las áreas seleccionadas. Para el área del salón 205 se plasman los resultados en la Tabla 2, el análisis del salón 204 se muestra en la Tabla 3 y por último el resultado de la Sala de Reuniones está expuesto en la Tabla 4, además los formatos de los precios unitarios se encuentran en el Anexo A.

**Tabla 2. Precios unitarios salón 205.**

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS								
Área	Ítem	Estrategias de automatización						
		Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3	Estrategia 4	Estrategia 5	Estrategia 6	Estrategia 7
salón 205 (escenario 1)	Equipos	\$15.000	\$15.000	\$15.000	\$15.000	\$15.000	\$15.000	\$15.000
	Materiales de obra	\$1.499.400	\$1.623.100	\$3.056.500	\$2.104.200	\$2.427.500	\$1.549.200	\$2.417.800
	Accesorios	\$5.000	\$5.000	\$5.000	\$5.000	\$5.000	\$5.000	\$5.000
	Transporte materiales	\$5.900	\$5.900	\$5.900	\$5.900	\$5.900	\$5.900	\$5.900
	Mano de obra	\$28.000	\$28.000	\$28.000	\$28.000	\$28.000	\$28.000	\$28.000
	Costos indirectos	\$357.259	\$385.710	\$715.392	\$496.363	\$570.722	\$368.713	\$568.491
Salón 205 (escenario 2)	Equipos	\$25.000	\$25.000	\$25.000	\$25.000	\$25.000	\$25.000	\$25.000
	Materiales de obra	\$1.507.000	\$1.596.900	\$3.080.500	\$2.148.300	\$2.392.500	\$1.582.500	\$2.405.800
	Accesorios	\$5.000	\$5.000	\$5.000	\$5.000	\$5.000	\$5.000	\$5.000
	Transporte materiales	\$5.900	\$5.900	\$5.900	\$5.900	\$5.900	\$5.900	\$5.900
	Mano de obra	\$28.000	\$28.000	\$28.000	\$28.000	\$28.000	\$28.000	\$28.000
	Costos indirectos	\$360.157	\$380.834	\$722.062	\$507.656	\$563.822	\$377.522	\$566.881

**Tabla 3. Precios unitarios salón 204.**

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS								
Área	Ítem	Estrategias de automatización						
		Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3	Estrategia 4	Estrategia 5	Estrategia 6	Estrategia 7
salón 204 (escenario 1)	Equipos	\$15.000	\$15.000	\$15.000	\$15.000	\$15.000	\$15.000	\$15.000
	Materiales de obra	2.119.600	2.252.000	4.163.900	3.024.900	3.015.600	2.204.600	3.043.800
	Accesorios	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
	Transporte materiales	5.900	5.900	5.900	5.900	5.900	5.900	5.900
	Mano de obra	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000
	Costos indirectos	499.905	530.357	970.094	708.124	705.985	519.455	712.471
salón 204 (escenario 2)	Equipos	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
	Materiales de obra	2.096.700	2.210.300	4.127.900	2.953.000	3.015.600	2.209.100	3.043.800
	Accesorios	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
	Transporte materiales	5.900	5.900	5.900	5.900	5.900	5.900	5.900
	Mano de obra	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000
	Costos indirectos	496.938	523.066	964.114	693.887	708.285	522.790	714.771

**Tabla 4. Precios unitarios para la Sala de Reuniones.**

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS								
Área	Ítem	Estrategias de automatización						
		Estrategia 1	Estrategia 2	Estrategia 3	Estrategia 4	Estrategia 5	Estrategia 6	Estrategia 7
sala reuniones (escenario 1)	Equipos	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000	15.000
	Materiales de obra	1.020.300	1.156.700	2.342.700	1.440.300	1.920.600	1.163.200	1.981.800
	Accesorios	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
	Transporte materiales	5.900	5.900	5.900	5.900	5.900	5.900	5.900
	Mano de obra	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000
	Costos indirectos	247.066	278.438	551.218	343.666	454.135	279.933	468.211
sala reuniones (escenario 2)	Equipos	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000	25.000
	Materiales de obra	1.049.000	1.171.000	2.328.400	1.424.100	1.920.600	1.159.300	1.981.800
	Accesorios	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
	Transporte materiales	5.900	5.900	5.900	5.900	5.900	5.900	5.900
	Mano de obra	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000	28.000
	Costos indirectos	255.967	284.027	550.229	342.240	456.435	281.336	470.511

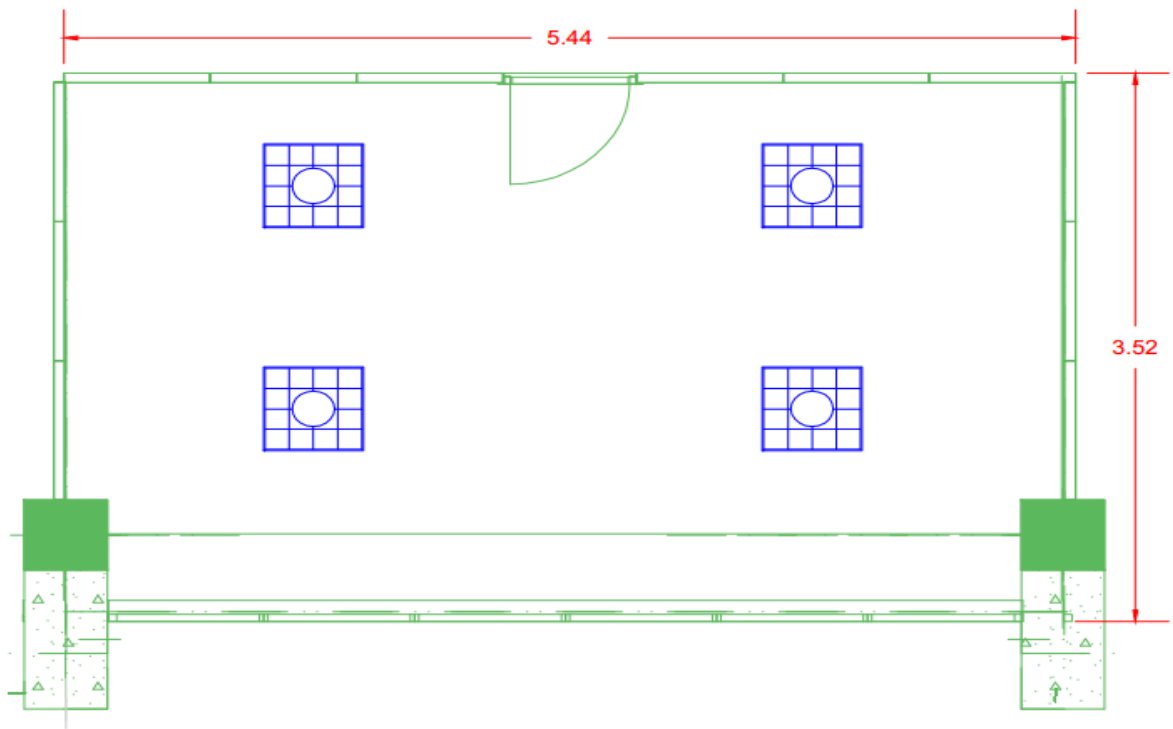
## 6. MEDICIÓN DE LA ILUMINANCIA Y CONSUMO ELÉCTRICO EN EL INTERIOR DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

El proceso de medición se centra en describir el comportamiento de la iluminancia y consumo eléctrico de dos tipos de luminarias en un área del Edificio de Ingeniería Eléctrica, con lo cual se pueden comparar estas dos referencias.

### 6.1. ZONA DEL EDIFICIO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

Para la realización de las medidas de las dos referencias de luminarias se seleccionó el área correspondiente a la Sala de Reuniones ubicada en el quinto piso de la edificación.

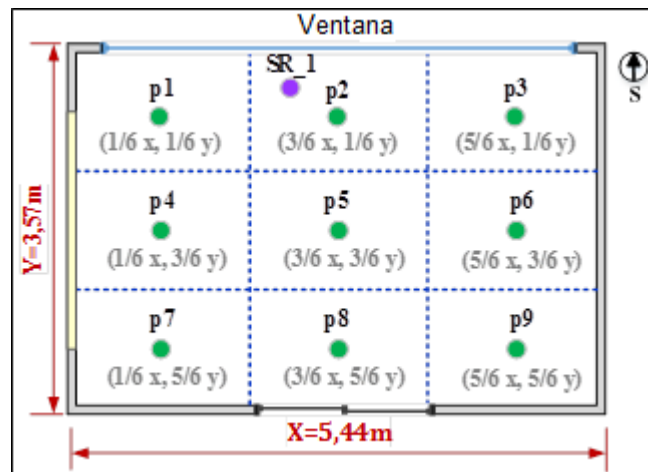
Figura 19. Sala de Reuniones Edificio de Ingeniería Eléctrica.



## 6.2. MODELADO DE LA TRAMA DE PUNTOS DE MEDICIÓN

Para establecer la trama de puntos a medir en el área escogida, se procede a levantar un enmallado según la Sección 490.1 del RETILAP, donde se divide el área del espacio en cuadrados y se ubica el punto a medir en el centro de cada cuadro.

Figura 20. Modelo del enmallado de medición.



## 6.3. METODOLOGIA DE LA MEDICIÓN

Para el estudio del comportamiento de la iluminancia se tomaron dos tipos de lecturas para dos modelos de luminarias: iluminancia de la lámpara fluorescente e iluminancia de la lámpara LED.

El proceso de medición se realiza teniendo en cuenta el punto central de cada rectángulo, definido en el plano de trabajo imaginario modelado en el enmallado, según el RETILAP a una altura de 0,75 metros para trabajos hechos sentados [11].

Las lecturas del nivel de iluminación artificial dada por la luminaria se toman con las ventanas cerradas y tapadas, puerta cerrada, en horas de la noche en promedio a las 6:10 pm, garantizando la ausencia por completo de la iluminación natural.

Para tomar las lecturas se coloca el sensor del luxómetro paralelo al plano de trabajo y a la altura del mismo, esa altura se garantiza mediante una base tripoidal según se muestra en la Figura 21, en el cual se ubica el sensor que tiene un grosor de 2cm y la base de 73 cm, el display del equipo se asegura en la base inferior del trípode. El circuito de alimentación se habilita, se procede a energizar la luminaria, y se toma la lectura por punto.

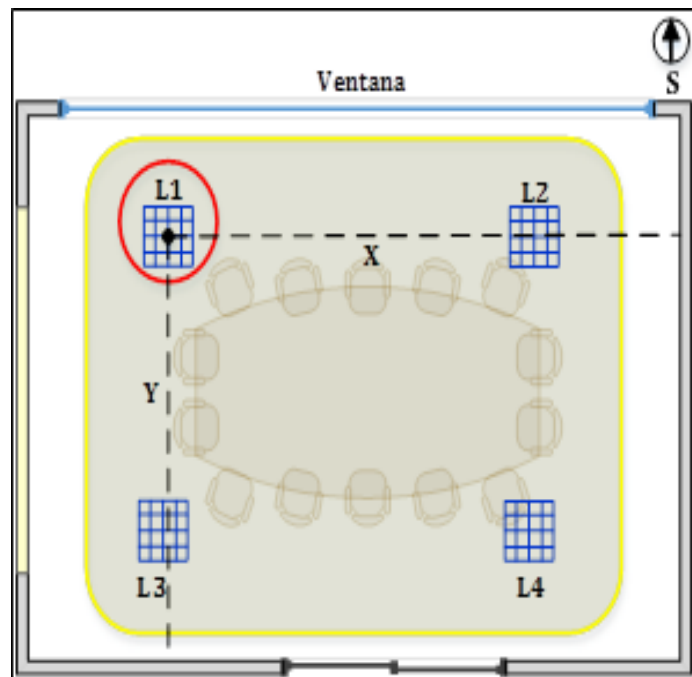
**Figura 21 Trípode usado para la medida.**



**6.3.1 Medición iluminancia de la lámpara fluorescente.** Para este caso la luminaria fluorescente esta es dimerizable se toma la lectura en cada punto trazado en el enmallado Figura 20 y posteriormente esperando un lapso de 10 segundos se varia el valor de ( $\beta$ ), en cada punto del enmallado se registran los datos de la variación del valor de ( $\beta$ ) de 0 a 10, este valor describe el comportamiento de la dimerización de la luminaria.

Además se realiza la medición para otro esquema como muestra la Figura 22, se tomó como punto de inicio el centro de la luminaria y se ubicaron en dirección de la coordenadas del plano cartesiano (x-y) dirigidas hacia la pared del área. Los puntos se localizan cada 0,5 m, y se registra el dato de la medida en cada punto del enmallado, trascurridos 10 segundos se varía el valor de  $\beta$ , su rango de trabajo es de 0 a 10.

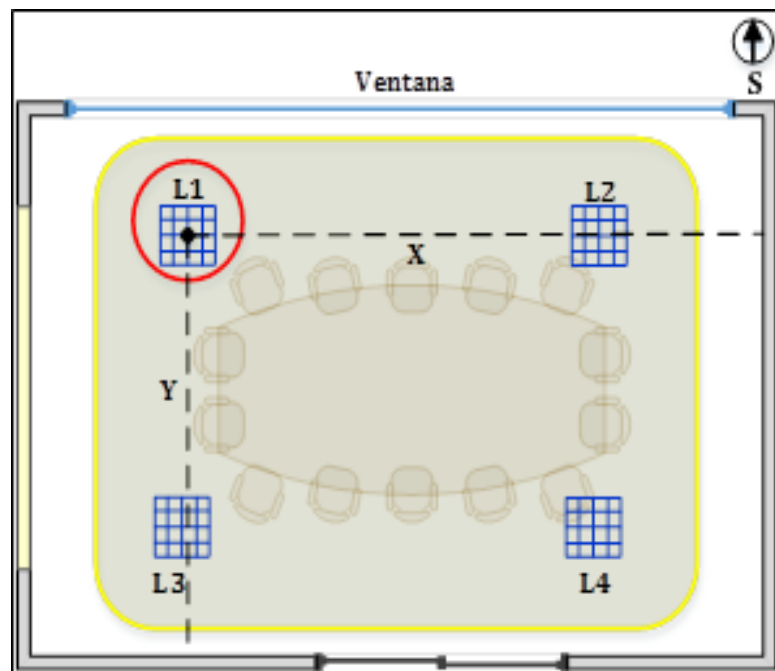
**Figura 22. Esquema medición centro luminaria – pared.**



**6.3.2 Medición iluminancia de la lámpara LED.** Para la luminaria LED se toma la lectura en cada punto trazado en el enmallado Figura 20. Es relevante comentar que para la medición de la luminaria LED no hay variación del valor de  $\beta$ , ya que este tipo de lámpara no presenta dimerización debido a que su consumo es bajo con respecto a la luminaria fluorescente.

Para el caso de la luminaria LED y su análisis de luminancia también se realiza el diagrama de medición teniendo en cuenta la distancia del centro de la luminaria a la pared del área escogida como se observa en la Figura 23. Para la realización de esta prueba se adquirió la luminaria LED y además se realizó la instalación de la misma en el área correspondiente debido a que el edificio no tiene luminarias LED instaladas en el sistema de iluminación.

**Figura 23. Esquema medición centro luminaria – pared.**



## **6.4 CURVAS DEL COMPORTAMIENTO DE LA ILUMINANCIA**

La iluminación artificial se caracteriza mediante la toma del nivel de iluminación dado por el sistema de luminarias a la altura del plano de trabajo (0,75 m desde el suelo), donde se obtiene la iluminancia media medida ( $E$  medida) del espacio y las curvas lumínicas respecto a la distancia desde la ventana hasta el fondo del espacio. Este proceso se realiza a puertas cerradas. Se toma como origen para las curvas la fachada sur y la fachada este según la orientación de las ventanas del espacio.

En relación con la Sala de Reuniones, esta cuenta con un sistema de iluminación artificial compuesta por luminarias Philips referencia 4x14W, donde se analizó el comportamiento de una luminaria del área que se escogió para este proceso de investigación.

Como resultado de las mediciones hechas en el área seleccionada del Edificio de Ingeniería Eléctrica, se obtuvieron las curvas de comportamiento de iluminancia para las referencias de luminarias escogidas en este trabajo.

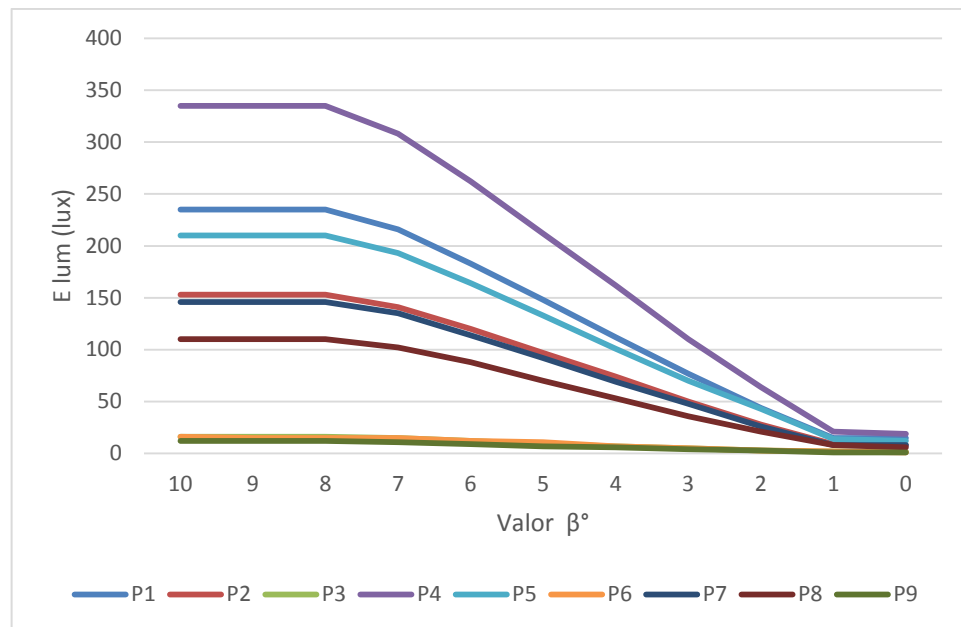
**6.4.1 Curvas características de la luminaria fluorescente.** Los resultados obtenidos en el proceso de medición se describen mediante curvas de comportamiento, donde se realiza el gráfico del valor de dimerización ( $\beta$ ) en el eje horizontal (y está comprendido entre 0 y 10), y en el eje vertical se observa el comportamiento de la energía lumínica. En la Figura 24 se puede ver el comportamiento lumínico respecto a los puntos del enmallado (ver Figura 20) diseñado para el análisis.

Con respecto a la Figura 24 se puede ver que la luminaria fluorescente cubre el área en su totalidad. En los puntos P3, P6, P9 lo hace en menor cantidad de

luxes. También se puede observar que a mayor distancia del punto centro de la luminaria, menor es la cantidad de luxes eso también se puede evidenciar en la variación del valor  $\beta$  a medida que el valor va disminuyendo y se aleja de punto medio de la lámpara el nivel de luxes disminuye.

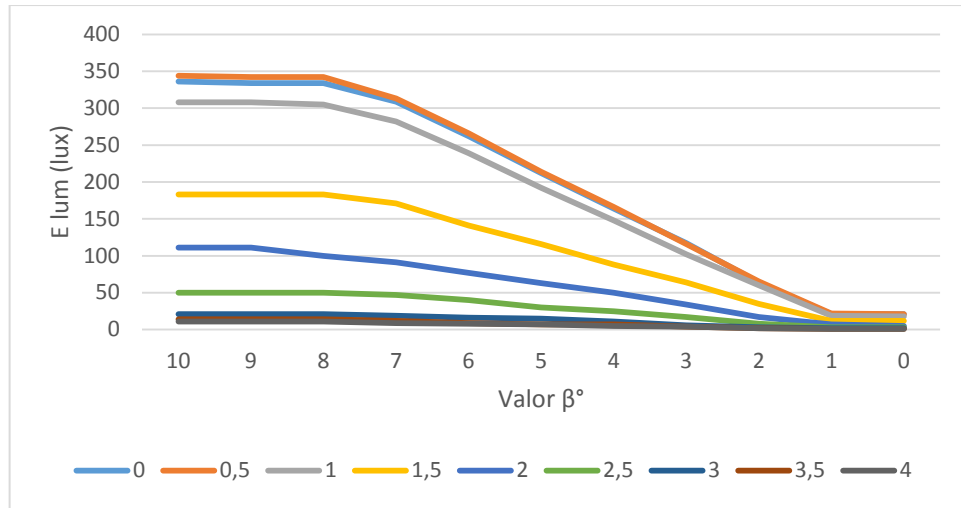
También se observa en la Figura 24 el comportamiento de la iluminancia de la lámpara fluorescente en dirección horizontal a la pared donde se encuentra la ventana del área de estudio. Los intervalos para la medición se definieron cada 0,5 m iniciando en el centro de la luminaria.

**Figura 24. Comportamiento del enmallado con respecto a la dimerización.**



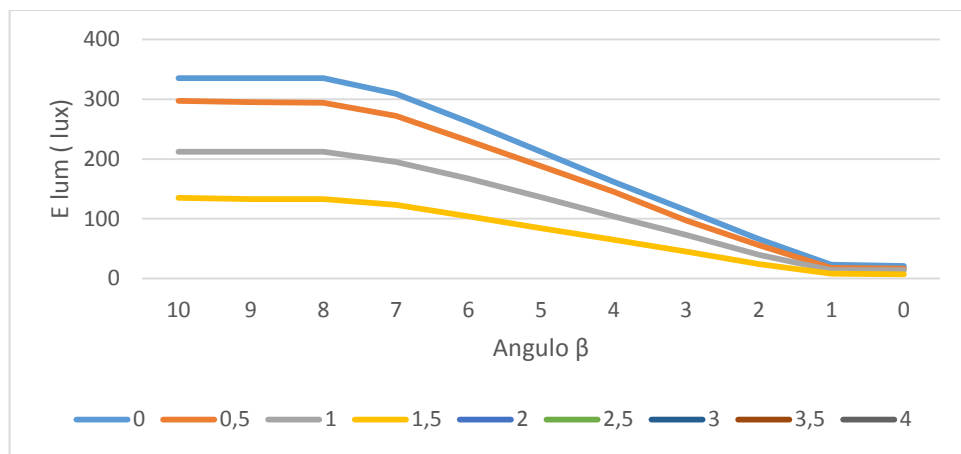
Con respecto a la Figura 25 se observa que a partir de la distancia de 3 m y del valor ( $\beta$ ) menor a 2 la luminancia es muy baja por lo tanto se puede concluir que no cubre el área en su totalidad y se sigue cumpliendo que a mayor distancia del punto centro de la luminaria y menor valor ( $\beta$ ) la luminancia disminuye.

**Figura 25. Comportamiento del enmallado del centro de la luminaria a la pared.**



En la Figura 26 se aprecia que la iluminancia se determina para una distancia de 1,5 metros y los valores que se obtienen permiten observar que la iluminancia en ese rango de distancia tiende a hacer uniforme debido a que los puntos de medida del enmallado (ver Figura 22) en la coordenada (y) están más cerca al punto medio de la luminaria, por esta razón, se presenta este comportamiento en gran parte del intervalo de medida del área.

**Figura 26. Comportamiento del enmallado del centro de la luminaria a la pared.**

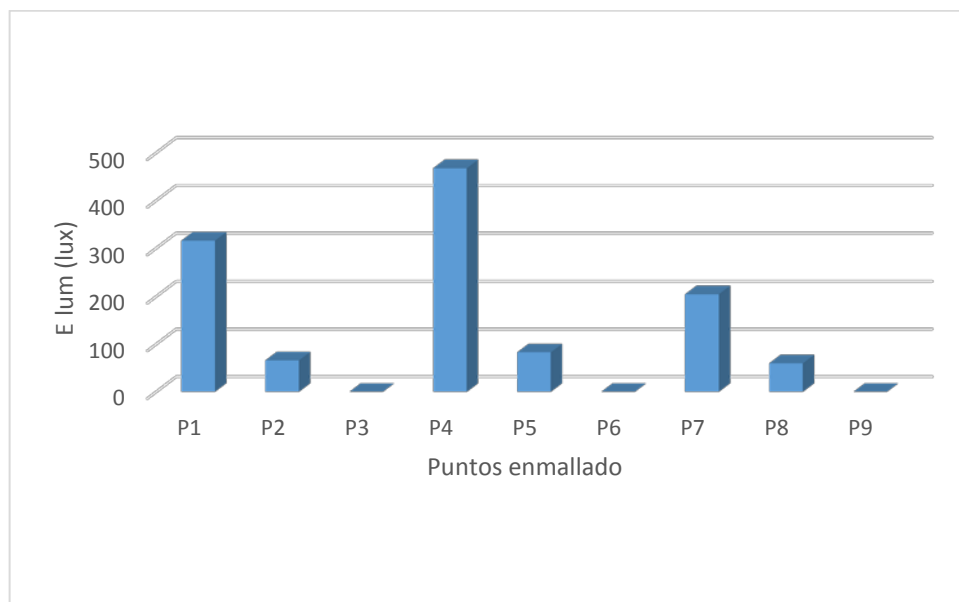


**6.4.2 Curvas características de la luminaria LED.** Teniendo en cuenta el enmallado diseñado para la medición se observa el comportamiento de la iluminancia de la lámpara LED en la Figura 27, en ella, el eje horizontal muestra los puntos del enmallado y el eje vertical la  $E_{lum}$  (lux).

Observando el comportamiento de la luminaria LED, se aprecia que según los puntos del enmallado en P1, P4 y P6 es donde se presentan los mayores valores de iluminancia para el área seleccionada.

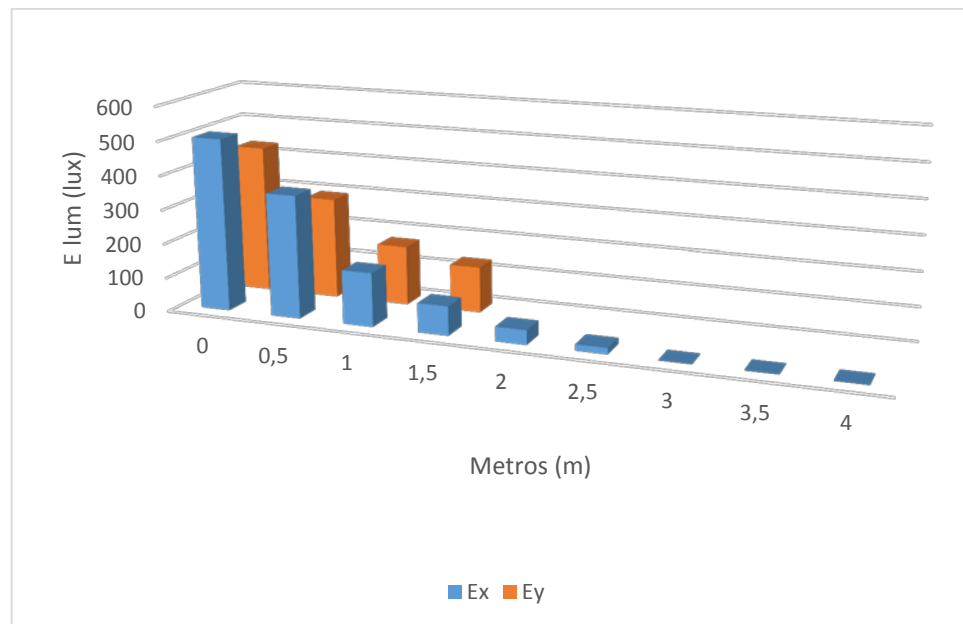
El análisis de la iluminancia de la lámpara LED con respecto a la distancia del centro de la luminaria a la pared se obtiene la Figura 27, en ella se muestra el comportamiento de la iluminancia de la lámpara LED en dirección perpendicular a la ventana del área de estudio, y en la dirección paralela a la ventana de la sala de reuniones, y además los intervalos que se tomaron para la medición se definieron cada 0,5 m iniciando en el centro de la luminaria.

**Figura 27. Comportamiento de los puntos del enmallado.**



En la Figura 28 se observa el comportamiento de la luminancia en la lámpara LED con respecto al enmallado trazado (ver Figura 23), con respecto al plano cartesiano tomando como punto origen el centro de la luminaria y realizando las mediciones cada 0,5m en cada una de las direcciones del plano cartesiano (X-Y). En ella se aprecia con respecto a la coordenada (X) que los valores de iluminancia son de menor valor por que las distancia están más distantes al centro de la luminaria, mientras que en la coordenada (Y) los valores de la iluminancia son de mayor valor por que están más cerca al punto centro de la luminaria.

**Figura 28. Comportamiento del enmallado – distancia.**



## **7. MEDICIÓN DE LA CALIDAD DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA DEBIDA A LOS COMPONENTES ELÉCTRICOS UTILIZADOS EN SISTEMAS AUTOMATIZADOS DE ILUMINACIÓN**

El proceso de medición se centra en describir el consumo eléctrico de los dispositivos utilizados en los sistemas automatizados de iluminación híbrida. Esto se realiza mediante la utilización de un medidor de energía, el cual permite realizar la medición para así determinar las curvas de comportamiento y consumo de cada uno de los elementos utilizados en la automatización de sistemas de iluminación.

### **7.1. DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS UTILIZADOS EN LOS SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN DE ILUMINACIÓN**

Un sistema de iluminación automatizado está conformado por sensores de presencia, fotoceldas On/Off, fotoceldas dimerizables, controladores, luminarias, balastos. Las características de los elementos que se caracterizaron se definen en la Tabla 5 y en la Figura 29 se muestran estos componentes.

**Tabla 5. Características de elementos de sistemas automatizados de iluminación.**

DISPOSITIVO	FUNCIÓN	APLICACIONES
Sensor ocupación	Detecta espacios vacíos y nivel de luz.	Ubicación con presencia y actividad intermitente.
Detector de movimiento	Detectar movimiento.	Oficinas privadas, salas de conferencias, servicios, salas de descanso.
Controlador	Controlar relés para apagar luces según programación.	Espacios donde resulta aconsejable mantener las luces encendidas durante el horario habitual de trabajo.
Fotoceldas dimerizables	Consiste en resistencias regulables para la atenuación automática y control de luz natural con atenuación automática.	Espacios interiores que permiten una iluminación natural adecuada.
Fotoceldas On/Off	La célula se ajusta automáticamente a los cambios de salida, puesta del sol estacional, así como cambios transitorios de condiciones de iluminación.	Iluminación interior y exterior de edificios, aparcamientos, pasillos, etc.
Luminarias fluorescente	Lámpara de vapor de mercurio a baja presión y que es utilizada normalmente para la iluminación doméstica e industrial.	Iluminación interior y exterior de edificios, aparcamientos, pasillos, etc.
Luminaria LED	Lámpara de estado sólido que usa led (Light-Emitting Diode, Diodos Emisores de Luz) como fuente luminosa.	se pueden usar para cualquier aplicación comercial de alumbrado

**Figura 29. Componentes de automatización.**

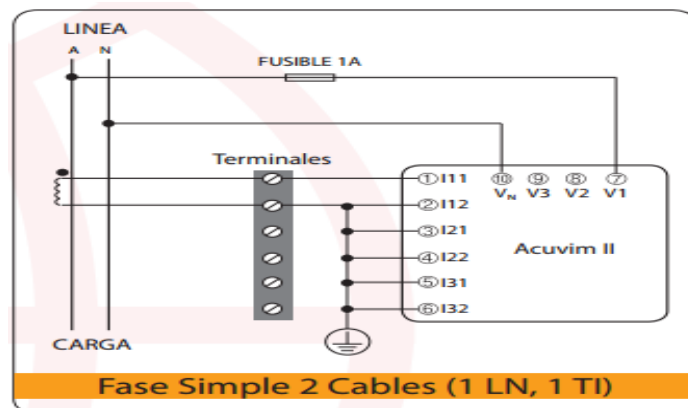
 <p>A circular white sensor with a central lens and two ventilation slots. Dimensions are indicated: a height of 4.20 (106.7 mm) and a width of 1.55 (39.4 mm).</p>	 <p>A white, dome-shaped photocell switch with a digital display showing 'FC 15' and a white cover cap.</p>
<p>a. Sensor</p>	<p>b. Fococelda On/Off</p>
 <p>A circular white dimmable photocell switch with a central display area.</p>	 <p>A black rectangular power pack with multiple colored wires (red, blue, green, yellow) connected to it.</p>
<p>c. Fococelda dimerizable</p>	<p>d. Power pack</p>
 <p>A rectangular fluorescent luminaire with a grid of diffusers, mounted on a ceiling.</p>	 <p>A rectangular LED luminaire with a grid of diffusers, mounted on a ceiling.</p>
<p>e. Luminaria fluorescente</p>	<p>f. Lumnaria LED</p>

## 7.2 DIAGRAMA DE CONEXIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL MEDIDOR DE ENERGÍA

Para establecer el diagrama de conexión del medidor de energía se consideraron las instrucciones del manual técnico de este dispositivo.

Para este trabajo de grado se programó el dispositivo electrónico para trabajar de forma monofásica, ya que es el tipo de red eléctrica que se tiene para conectar los dispositivos a los cuales se les va a realizar las medidas, en la Figura 30 se muestra la conexión realizada

**Figura 30. Conexión monofásica medidor ACUVIM IIR.**



El medidor de energía Acuvim IIR es un dispositivo de alta gama de medidores multifuncionales de potencia y energía. Es un equipo utilizado para la monitorización de sistemas de energía eléctrica. Sus principales características y parámetros que mide se muestran en la Figura 31.

Figura 31. Características del medidor ACUVIM IIR.



MEDICIÓN				
Parámetros	Precisión	Resolución	Rango	
Variables	0.2%	0.1V	20V~1000kV	
Corriente	0.2%	0.1mA	5mA~50000A	
Potencia	0.2%	1W	-9999MW~9999MW	
Potencia Reactiva	0.2%	1var	-9999Mvar~9999Mvar	
Potencia Aparente	0.2%	1VA	0~9999MVA	
Demanda de Potencia	0.2%	1W	-9999MW~9999MW	
Demanda de Potencia Reactiva	0.2%	1var	-9999Mvar~9999Mvar	
Demanda de Potencia Aparente	0.2%	1VA	0~9999MVA	
Factor de Potencia	0.2%	0.001	-1.000~1.000	
Frecuencia	0.2%	0.01Hz	45.00~65.00Hz	
Energía	Primaria	0.2%	0.1kWh	0-99999999.9kWh
	Secundaria	0.2%	0.001kWh	0-999999.999kWh
Energía Reactiva	Primaria	0.2%	0.1kvarh	0-99999999.9kvarh
	Secundaria	0.2%	0.001kvarh	0-999999.999kvarh
Energía Aparente	Primaria	0.2%	0.1kVAh	0-99999999.9kVAh
	Secundaria	0.2%	0.001kVAh	0-999999.999kVAh
Armónicas	1.0%	0.1%		
Angulo de Fase	2.0%	0.1°	0.0°~359.9°	
Factor de Desbalanceo	2.0%	0.1%	0.0%~100.0%	
Tiempo de Encendido		0.01h	0~9999999.99h	

### 7.3 METODOLOGÍA DE LA MEDICIÓN

Para el estudio del comportamiento del consumo de energía en los dispositivos eléctricos se realizaron cuatro tipos de lectura: Dispositivos electrónicos conectados, power pack conectados, luminaria fluorescente y luminaria LED.

**7.3.1 Dispositivos electrónicos conectados.** El proceso de medida se realiza haciendo la respectiva conexión de los dispositivos electrónicos: sensor de presencia, fotocelda dimerizable, fotocelda On/OFF y los *power packs*, como se muestra en la Figura 32.

Para la realizar las medidas se conectaron tres power pack en paralelo, a uno se le conectó el sensor de movimiento, al segundo la fotocelda dimerizable y al

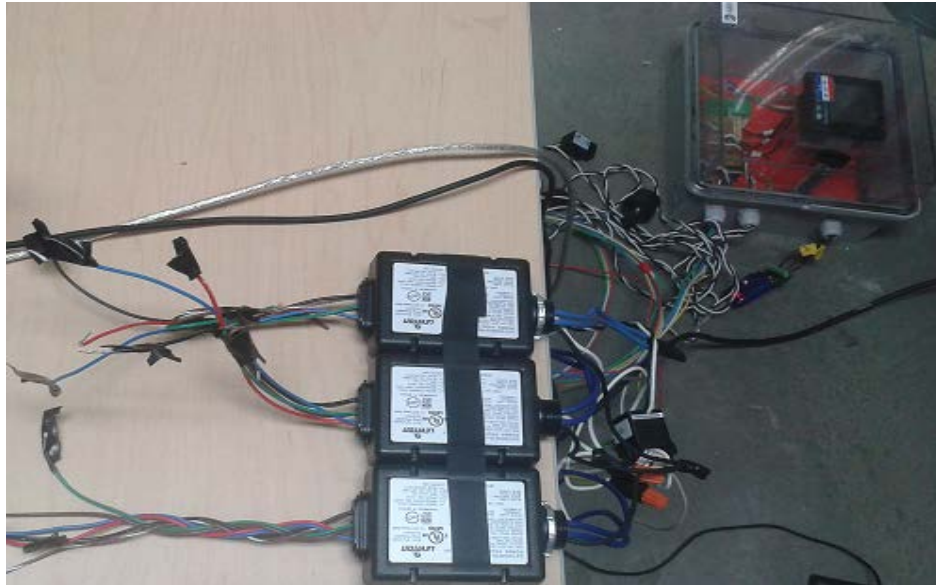
tercero la fotocelda On/Off, después de esto se procedió a programar los parámetros a medir. Para la realización de la prueba se programó el medidor con un tiempo de muestreo de 2 segundos.

**Figura 32. Sensor, fotoceldas y *power packs*.**



**7.3.2 *Power pack* conectados.** Para determinar de forma efectiva el consumo eléctrico de los dispositivos electrónicos de automatización, se procedió a realizar este tipo de prueba donde se midió el consumo eléctrico de los tres *power packs*, conectados en paralelo como se observa en la Figura 33, para compararlos con los resultados obtenidos en la prueba anterior y así determinar las curvas de consumo eléctrico de cada uno de los elementos de forma eficiente. Para obtener los datos se programó el medidor de energía con un tiempo de muestreo de 2 segundos. Los resultados de esta medición se encuentran en el Anexo C.

**Figura 33. Power packs en paralelo.**



**7.3.3 Luminaria fluorescente.** Para realizar el estudio de dimerización de la luminaria fluorescente se seleccionó un área (sala de estar) del quinto piso del Edificio de Ingeniería Eléctrica, donde se realizó la medición de consumo eléctrico en la luminaria instalada (Ver Figura 34), el tipo de lámpara es F17T8 su potencia es de 4x17W, el tipo de bombillo es T8 y tiene un balastro dimerizable de referencia IZT-2S32-SC.

Para realizar la medición se configuró el medidor de energía en forma monofásica de tal forma que guardara los datos en rangos de 30 segundos, utilizando el software del sistema de automatizado de iluminación del Edificio de Ingeniería Eléctrica, se realizó la variación del valor ( $\beta$ ) entre 0-10, se realizó la prueba variando el valor de ( $\beta$ ) cada 30 segundos.

**Figura 34. Luminaria fluorescente.**



**7.3.4 Luminaria LED.** Para analizar el impacto de las lámparas LED en los sistemas eléctricos, se realizaron mediciones de calidad de la energía eléctrica y luminancia a fin de obtener las curvas de consumo de estas cargas no lineales. La luminaria que se utilizó para la prueba tiene una lámpara T8, su potencia es de 4x12W (ver Figura 35). Es importante comentar que la tecnología LED no necesita balastro para su funcionamiento. Para realizar la prueba se configuró el medidor de energía de tal forma que almacenara los datos en modo monofásico durante un tiempo de 10 minutos con intervalos de cada 10 segundos.

Para este tipo de luminaria no se tuvo en cuenta la dimerización debido a que por su tecnología la luminaria LED no presenta este tipo de característica (dimerizable), por ende esto no es tema de la investigación.

**Figura 35. Luminaria LED.**



#### **7.4 CURVAS CARACTERÍSTICAS DEL CONSUMO ELECTRICO**

Como resultado de las mediciones realizadas en los espacios del Edificio de Ingeniería Eléctrica, se obtuvieron las curvas de comportamiento de consumo eléctrico.

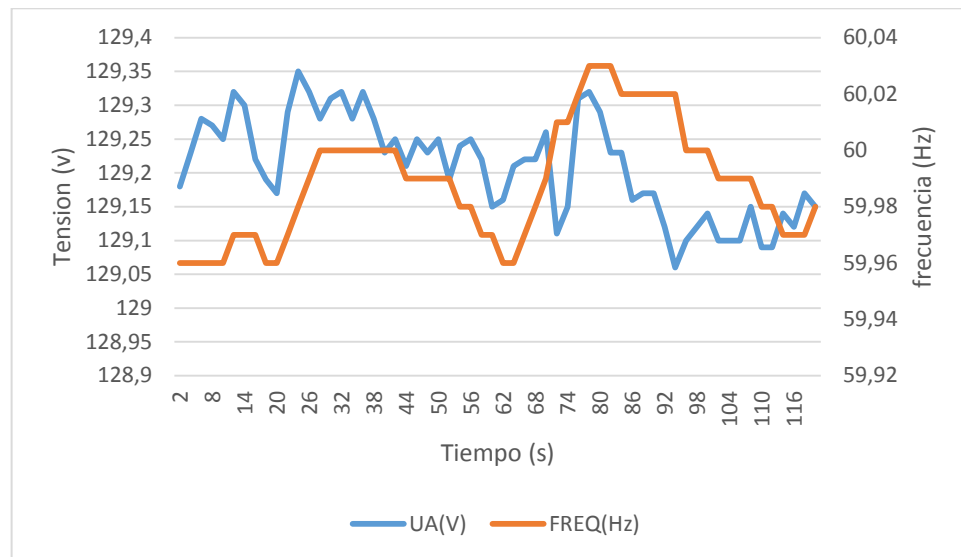
Los resultados obtenidos en el proceso de medición describen la relación que existe entre la tensión y la frecuencia, la corriente, la potencia consumida por los dispositivos electrónicos y el factor de potencia generado por la instalación de los elementos de automatización.

Además de la energía y la distorsión armónica total de la tensión, también se muestra el comportamiento de las componentes armónicas de la tensión de suministro del sistema.

**7.4.1 Curvas característica de los dispositivos electrónicos conectados.** La Figura 36 describe el comportamiento del valor eficaz de la tensión y la frecuencia de la red que suministra la energía a los dispositivos electrónicos conectados. Se

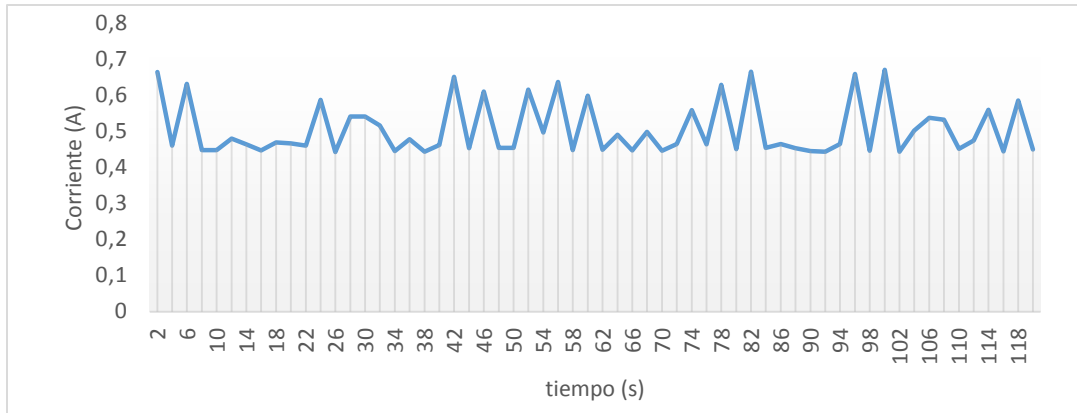
observa que el valor eficaz de la tensión se mantiene entre 129,1 V y 129,3 V; por lo tanto, es un valor de tensión favorable para el funcionamiento de los dispositivos. Con respecto a la frecuencia el resultado obtenido se mantiene en los rangos establecidos por la regulación colombiana para los sistemas eléctricos (59,8 Hz a 60,2 Hz).

**Figura 36. Comportamiento del valor eficaz de la tensión y frecuencia de la tensión de suministro de los elementos de automatización.**



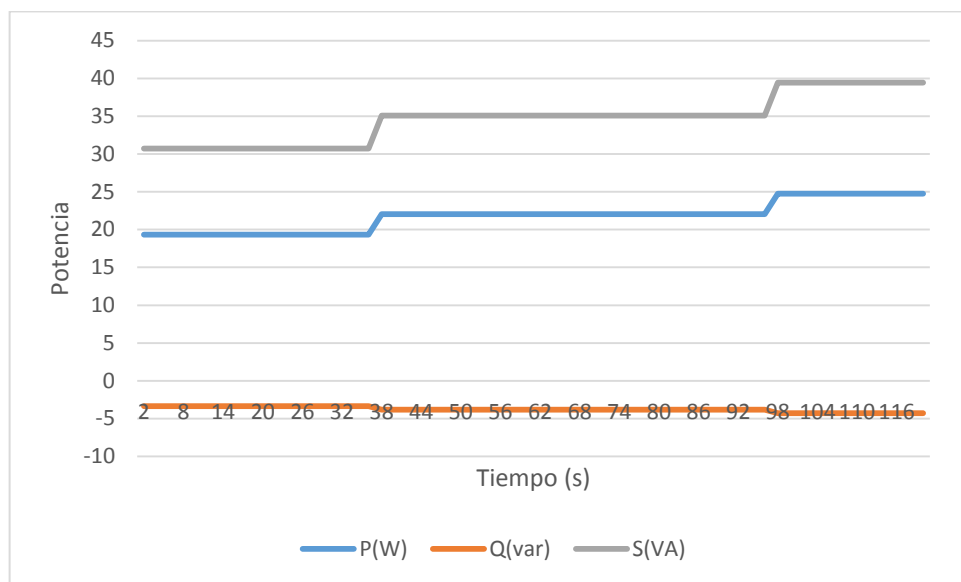
La Figura 37 muestra el valor eficaz de la corriente consumida por: el sensor de presencia, la fotocelda dimerizable, la fotocelda On/Off y los *power packs*.

**Figura 37. Valor eficaz de la corriente consumida por los elementos de automatización.**



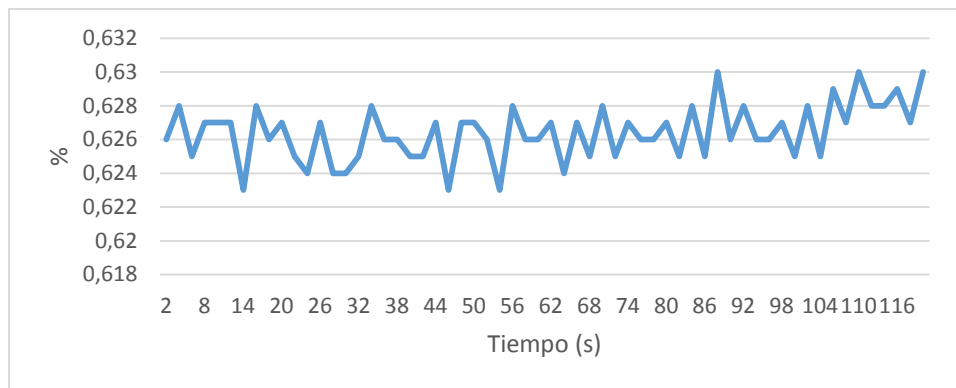
En la Figura 38 se observa el comportamiento de la potencia activa, la potencia reactiva y la potencia aparente. Con respecto a la potencia reactiva se aprecia que los dispositivos de automatización tienen un comportamiento capacitivo.

**Figura 38. Comportamiento de las potencias activa, reactiva y aparente de los dispositivos de automatización del sistema de iluminación**



Por otra parte, la Figura 39, describe el comportamiento del factor de potencia en los dispositivos electrónicos conectados. Se observa un factor de potencia que presenta una variación entre 0,625 y 0,63. Estos valores indican que estos dispositivos durante su funcionamiento desmejoran la calidad de la energía eléctrica, ya que requiere una potencia no activa mayor a la potencia activa para funcionar, lo cual genera ineficiencias en el consumo de energía eléctrica. En la Figura 38 se observa que la potencia reactiva medida por el dispositivo es menor a la potencia activa, por consiguiente, la potencia no activa de estos dispositivos es debida tanto a la potencia reactiva como a la potencia requerida por las no linealidades de los elementos.

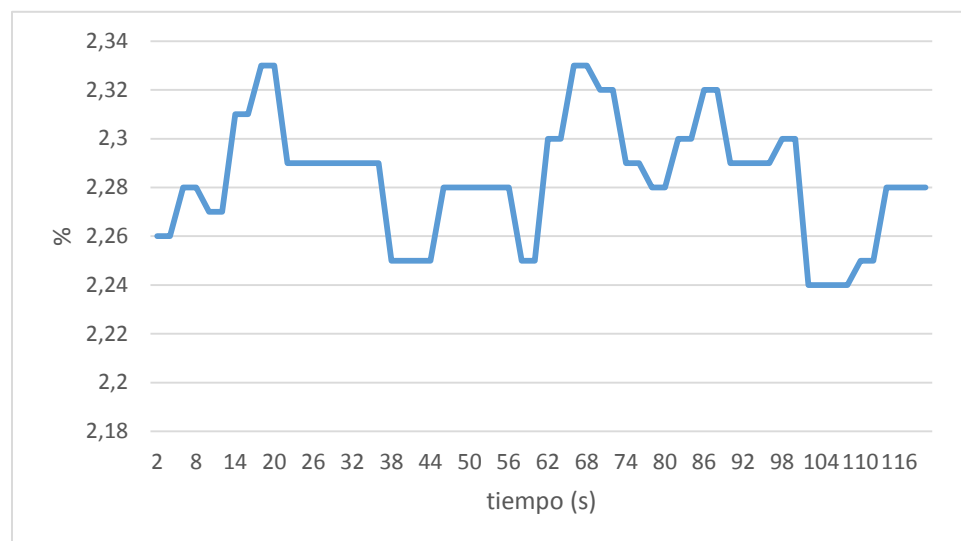
**Figura 39. Factor de potencia de elementos de automatización.**



Para este tipo de carga (dispositivos de automatización) se muestra que la tensión de suministro cumple con los parámetros de distorsión armónica total de tensión (ver Figura 40) porque está entre los porcentajes estipulados en la norma que es por debajo del 5%.

Otro aspecto importante en este tipo de carga es el hecho que aunque la señal de corriente requerida está distorsionada, como la magnitud de esta corriente no es alta, no tiene mayor incidencia en la señal de tensión suministrada.

**Figura 40. Distorsión armónica total de la señal de tensión de los elementos de automatización.**

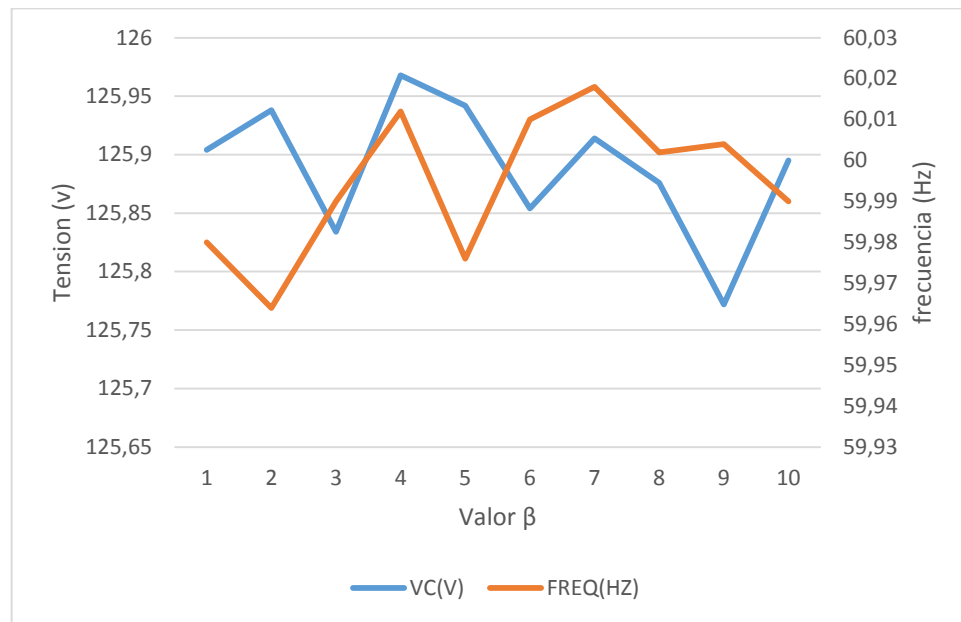


**7.4.2 Curvas características de la luminaria fluorescente.** Para el análisis de los resultados de las mediciones realizadas en la luminaria fluorescente, es importante comentar que todas las gráficas se realizaron en función del valor ( $\beta$ ). El objetivo fue evaluar el comportamiento del consumo de la luminaria con respecto al fenómeno de la dimerización, importante para poder determinar el consumo eléctrico de esta luminaria en su lugar de trabajo y utilizarla de una forma eficiente, para beneficio de los sistemas de iluminación.

En la Figura 41, se observa que el valor eficaz de la tensión se mantiene en los valores permitidos de regulación ( $120 \pm 10\% V$ ). Por lo tanto el comportamiento de la señal de tensión es adecuado.

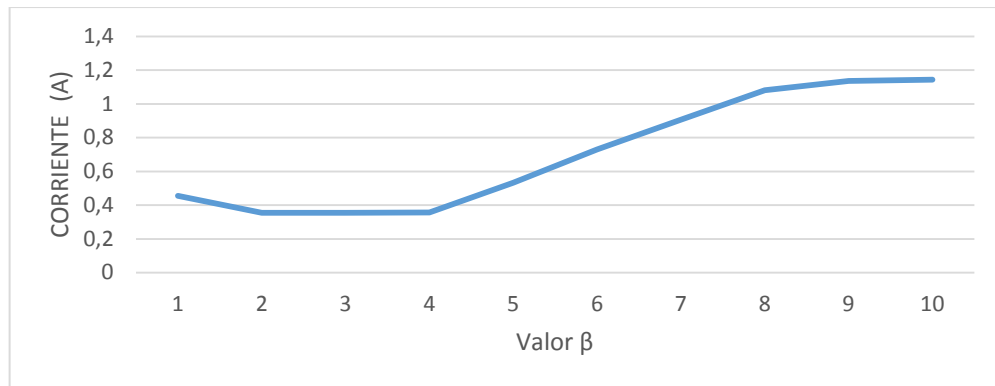
También se puede observar que la frecuencia del sistema es adecuada ya que se mantiene en el rango establecido para los sistemas eléctricos (59,8 Hz a 60,2 Hz).

**Figura 41. Comportamiento del valor eficaz de la tensión y frecuencia de la tensión de suministro de la luminaria fluorescente.**



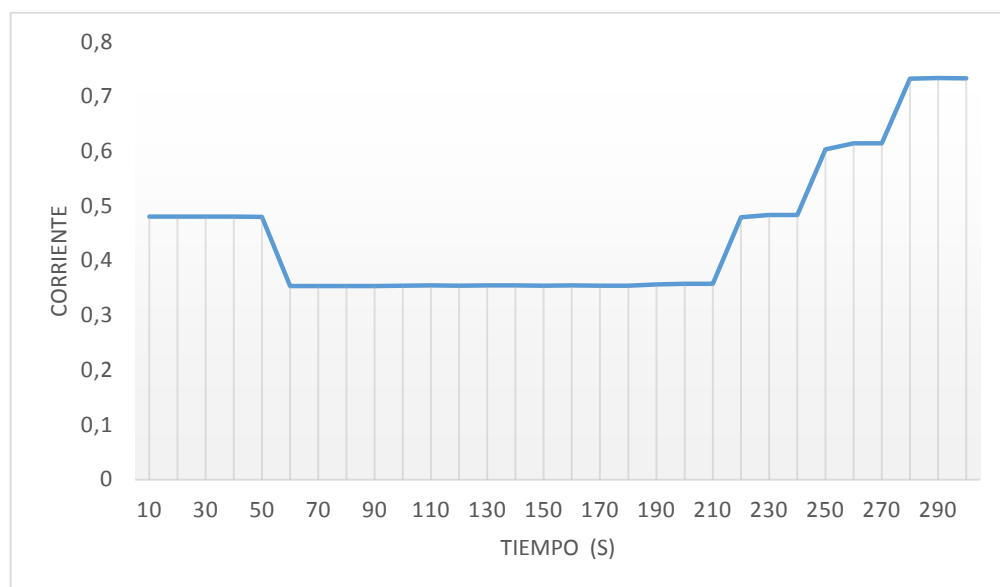
En la Figura 42, se observa que el comportamiento del valor eficaz de la corriente, el cual va aumentado con respecto al incremento del valor ( $\beta$ ) en ellas se presenta una relación directamente proporcional.

**Figura 42. Variación del valor eficaz de la corriente Vs el valor  $\beta$  para la luminaria fluorescente**



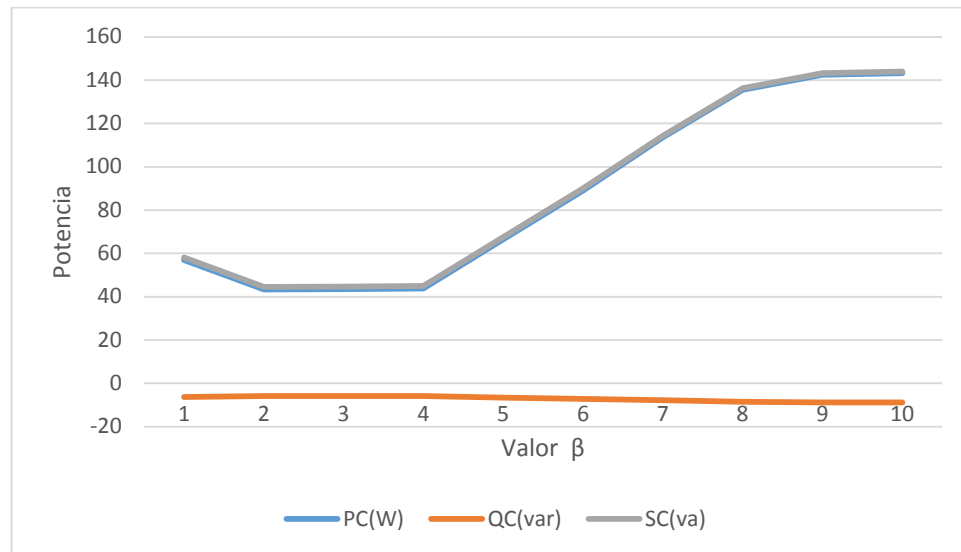
En la Figura 43 se aprecia la variación del valor eficaz de la corriente con respecto al tiempo. Se observa el comportamiento tipo escalera que presenta el valor eficaz de la corriente cuando se varia el valor ( $\beta$ ), esto se observa mejor para los valores comprendidos entre 5 y 8.

**Figura 43. Variación del valor eficaz de la corriente para la luminaria fluorescente cuando se cambia el valor de  $\beta$**



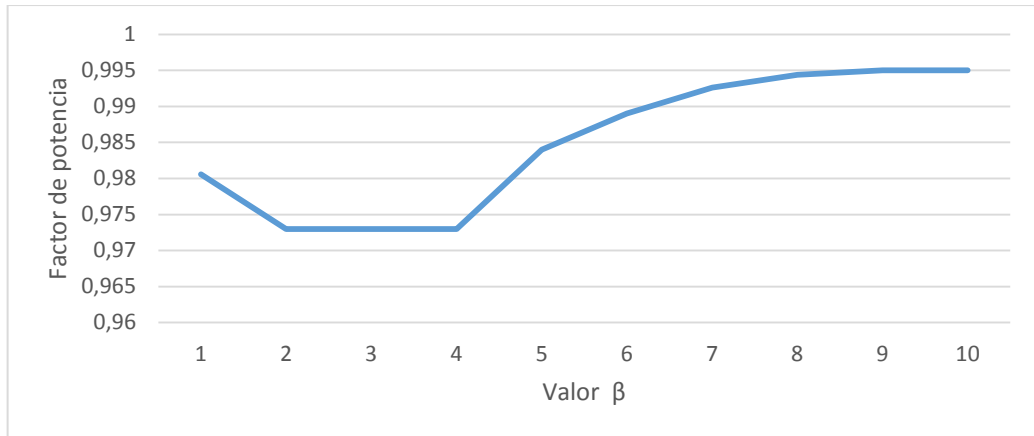
Con respecto a la variación de las potencia (ver Figura 44), se observa que la potencia reactiva es pequeña y presenta un comportamiento capacitivo. Además se puede ver que a medida que el valor  $\beta$  va en aumento la potencia activa y la potencia aparente van aumentando. En este caso el comportamiento del valor de  $\beta$  y la potencia activa son directamente proporcionales en su comportamiento de consumo.

**Figura 44. Variación de las potencias activa, reactiva y aparente Vs el valor de  $\beta$  para la luminaria fluorescente.**



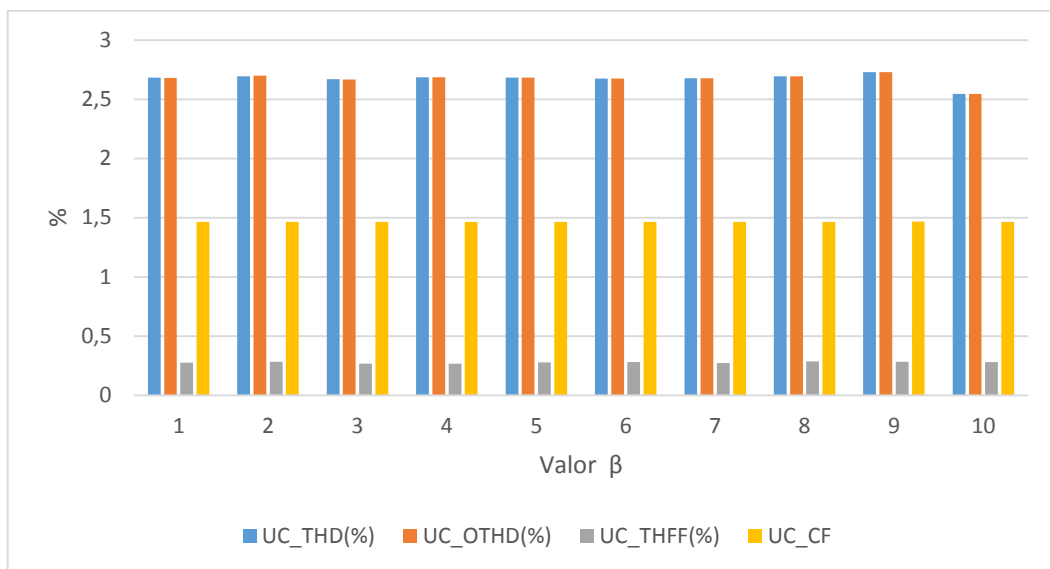
La Figura 45 describe el comportamiento del factor de potencia para la luminaria fluorescente, se observar un factor de potencia que presenta una variación entre 0,975 y 0,995; por lo tanto, es un valor favorable debido a que está cerca del factor de potencia ideal que es (1), se cataloga como un aspecto positivo de este tipo de carga.

**Figura 45. Variación del factor de potencia Vs el valor de  $\beta$  para la luminaria fluorescente.**



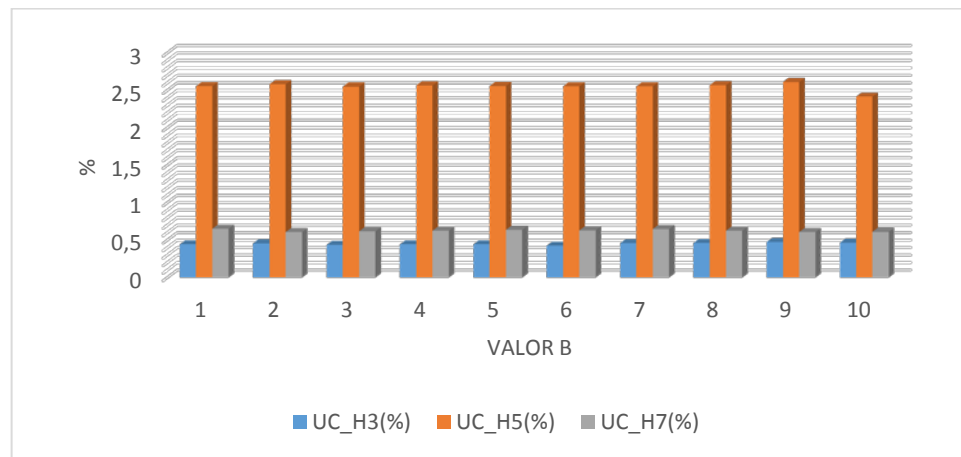
En la Figura 46, se observa que la distorsión armónica total de la tensión presenta un comportamiento adecuado ya que está por debajo de los porcentajes permitidos que es un máximo del 5%. El porcentaje más alto que presenta la carga es el 2,5% en VC-THD y VC-OTHD.

**Figura 46. Distorsión armónica total de la tensión de suministro de la luminaria fluorescente.**



En referencia a las componentes armónicas de la señal de tensión, se observa que la distorsión de la tensión de suministro que se introduce es leve. En la Figura 47 se puede ver que el 5° armónico es el que presenta mayor valor con respecto a los demás.

**Figura 47. Componentes armónicas de la tensión de suministro de la luminaria fluorescente.**

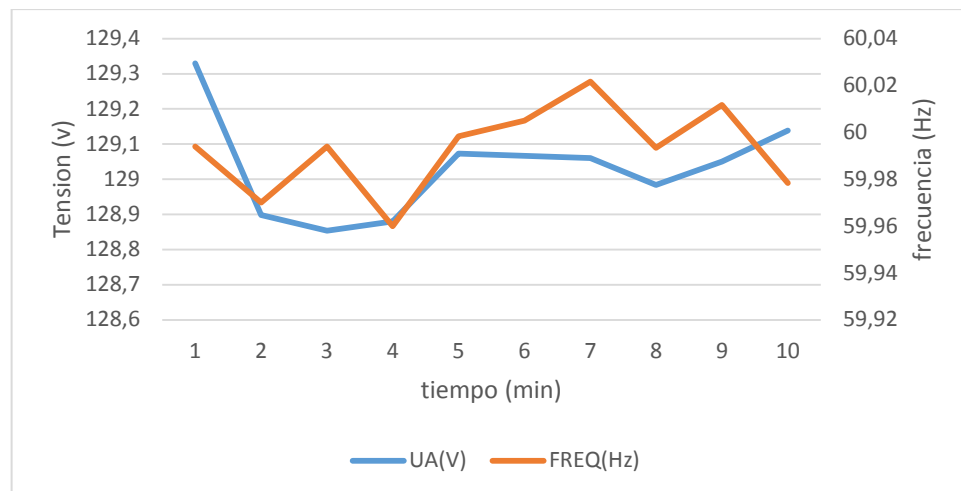


**7.4.3 Curvas característica de la luminaria LED.** Para el análisis del comportamiento de consumo eléctrico se hizo la prueba en un tiempo de 10 minutos, además es relevante aclarar que para la luminaria LED no se realizó el estudio de dimerización debido a que ellas no presentan esta forma de uso, su consumo es bajo con respecto a la fluorescente, es importante comentar que en el mercado en este momento no es posible encontrar luminarias con tecnología LED dimerizable, pero tampoco quiere decir que no se pueda dimerizar eso es tema para fabricantes en este momento, queda como tema para trabajos

posteriores en relación a la tecnología LED ya que en este trabajo de grado solo hacia énfasis en el consumo eléctrico.

Analizando el resultado de las mediciones se observa en la Figura 48, que el valor eficaz de la tensión está en los límites de regulación ( $120 \pm 10\%$  V). Con respecto a la frecuencia de la red eléctrica, se observa que se mantiene en los valores establecidos por la regulación colombiana en los sistemas eléctricos que es  $60 \pm 0,33\%$  Hz.

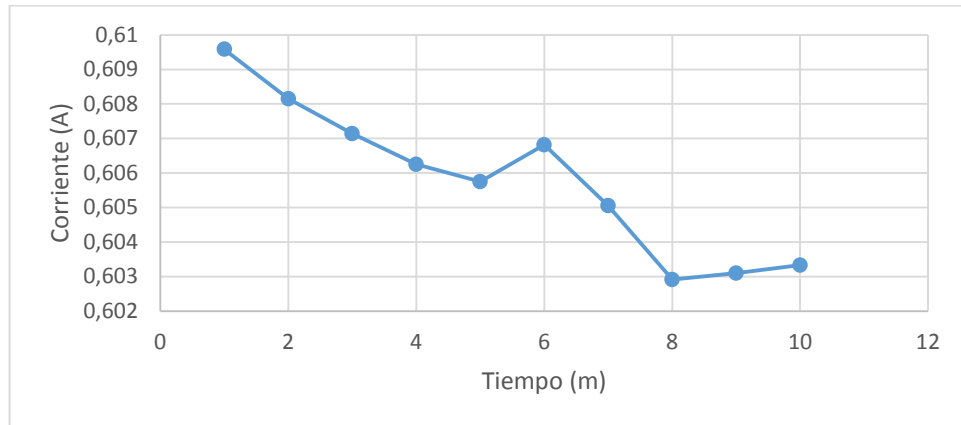
**Figura 48. Comportamiento del valor eficaz de la tensión y frecuencia de la tensión de suministro de la luminaria LED.**



Con respecto a la corriente se observa que durante el tiempo de la medición sufre una leve disminución (ver Figura 49). Esto es un aspecto importante en la luminaria LED, porque a medida que aumenta el tiempo de funcionamiento, la corriente presenta un comportamiento inversamente proporcional, característica

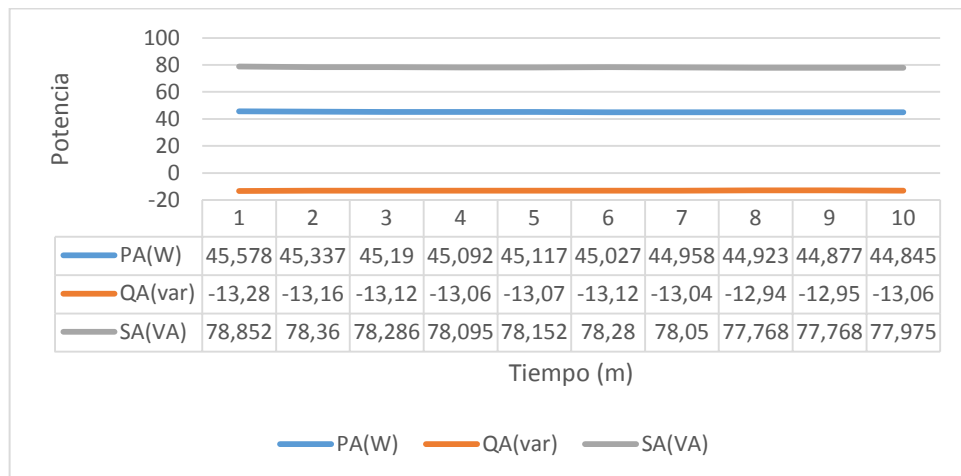
importante para la funcionalidad de la luminaria con respecto al consumo eléctrico.

**Figura 49. Valor eficaz de la corriente consumida por la luminaria LED.**



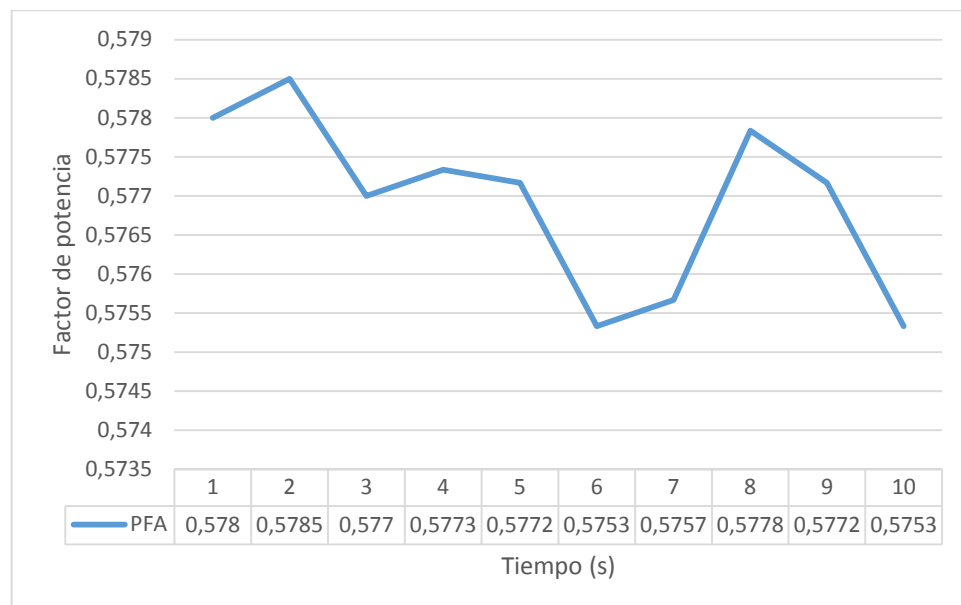
En la Figura 50 se aprecia el comportamiento de las potencias: activa, reactiva y aparente. Teniendo en cuenta el análisis de la potencia reactiva se puede observar que presenta un comportamiento capacitivo.

**Figura 50. Comportamiento de las potencias activa, reactiva y aparente de la luminaria LED.**



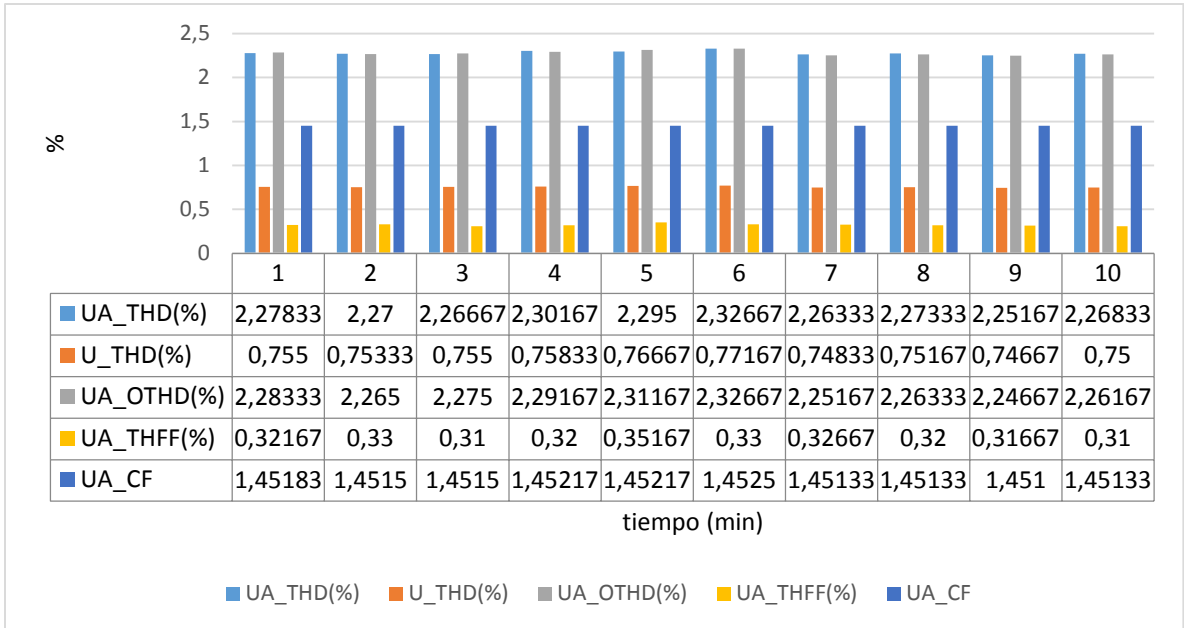
Con relación al factor de potencia, en la Figura 51 se muestra que es bajo para la luminaria LED, este se mantiene en el rango de (0,575 y 0,579) catalogado como un factor de potencia inadecuado, debido a que dista del factor de potencia ideal (1). En este caso la ineficiencia de la luminaria LED es debida a las no linealidades de esta carga y en menor medida a los reactivos que requiere para su funcionamiento (potencia no activa).

**Figura 51. Factor de potencia de la luminaria LED.**



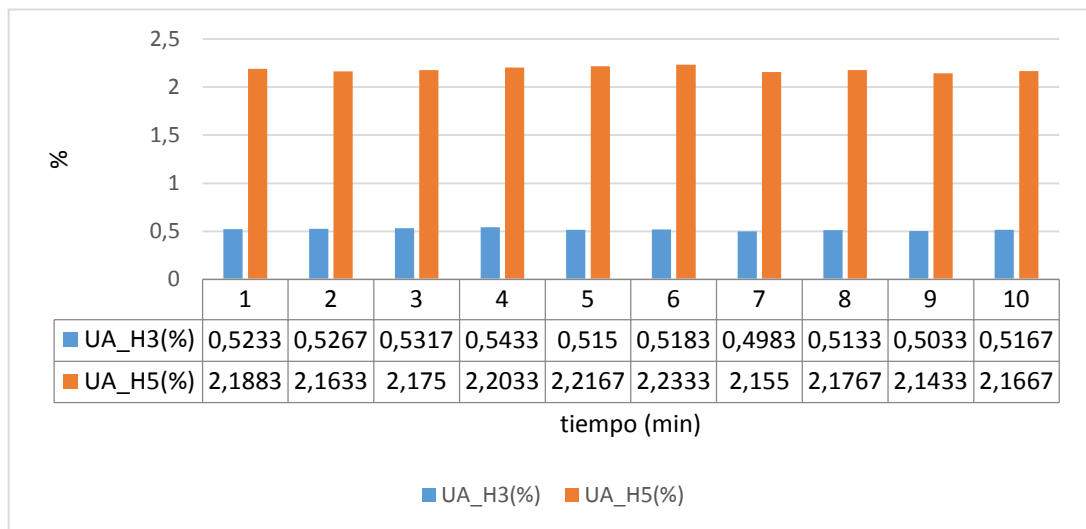
La Figura 52 muestra la evolución de la distorsión armónica total de la tensión de suministro, la cual está entre los porcentajes permitidos que es un máximo del 5%. El porcentaje más alto que presenta es del 2,5% en (VC-THD, V-THD, VC-OTHD, VA-THFF).

**Figura 52. Componentes armónicas de la tensión de suministro de la luminaria LED.**



Con relación a las componentes armónicas de la señal de tensión, se observa que la distorsión de la tensión de suministro que se introduce es baja. En la Figura 53 se puede ver que el 5° armónico es el que presenta mayor valor con respecto a los demás.

**Figura 53. Relación armónicos de tensión - tiempo para la luminaria LED**



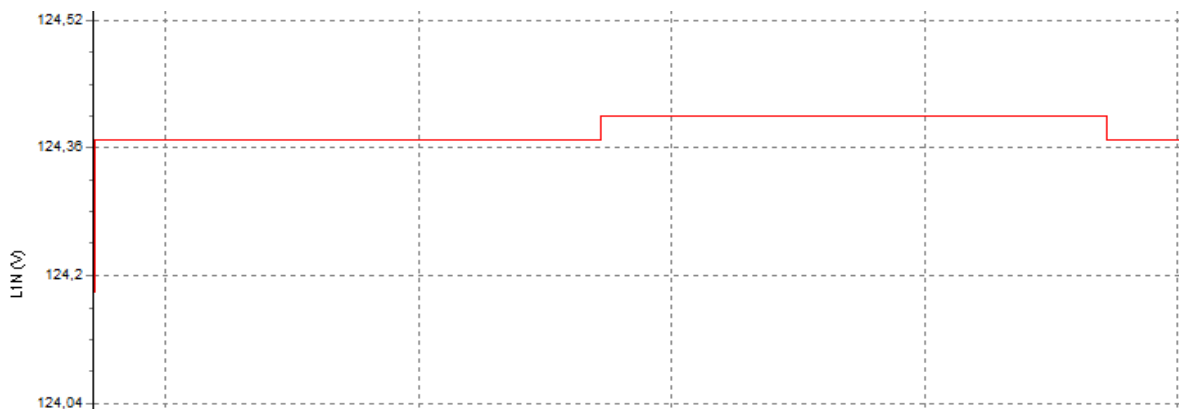
## 7.5 CURVAS DEL CONSUMO DE ENERGÍA ELECTRICA Y DE LA DISTORSIÓN ARMÓNICA TOTAL DE LA CARGA

Como resultado de las mediciones realizadas, se obtuvieron las curvas de comportamiento de consumo de energía eléctrica y la distorsión armónica total de corriente, al igual que los armónicos que produce la luminaria LED y los dispositivos electrónicos de automatización a la red eléctrica.

Este análisis complementa los resultados obtenidos en el numeral 7.4, debido a que por limitaciones del equipo de medición utilizado, no se obtuvieron los resultados de la distorsión armónica total de la corriente, por lo tanto se tomó la determinación de realizar las medidas de estos parámetros de consumo con otro dispositivo de medida, expuesto en el anexo D.

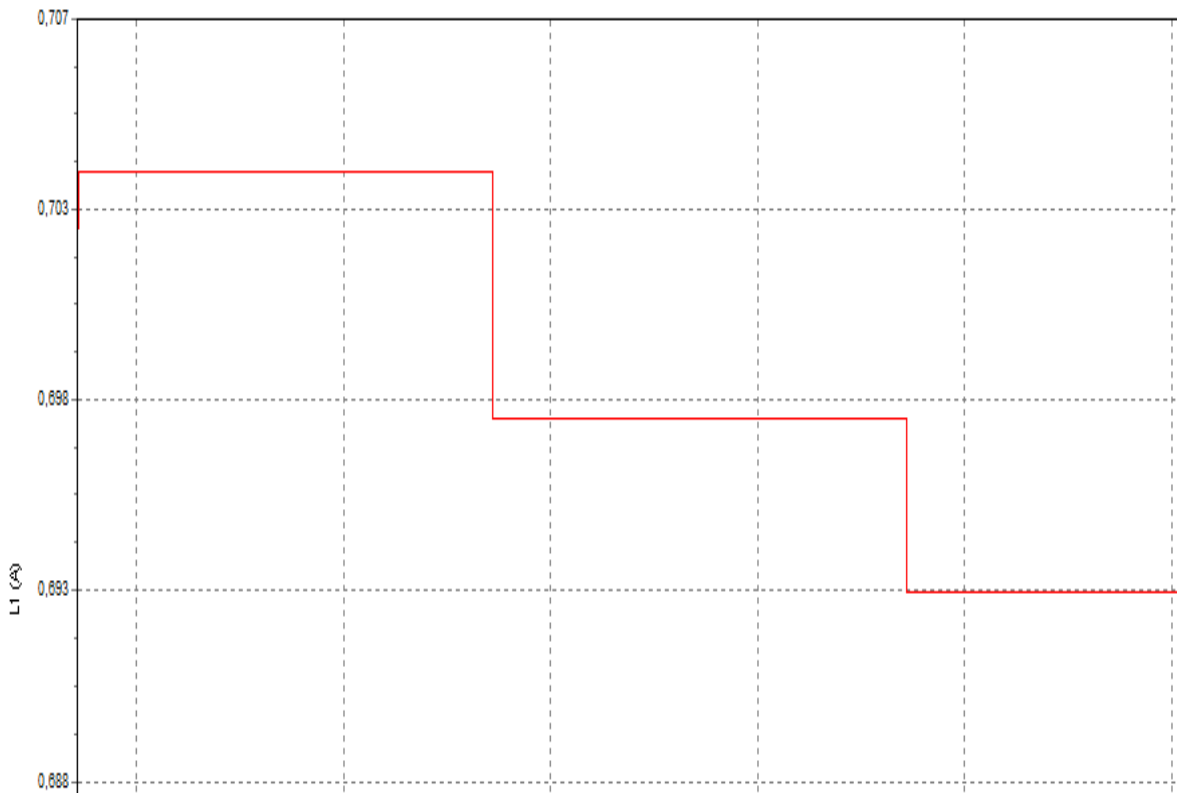
**7.5.1 Curvas de parámetros de tensión, corriente y potencia de los dispositivos electrónicos conectados.** La Figura 54 muestra el comportamiento del valor eficaz de la tensión que suministra la red a los dispositivos de automatización. Se observa que el valor eficaz de la tensión se mantiene entre 124,36 V y 124,52 V.

**Figura 54. Comportamiento del valor eficaz de la tensión de los elementos de automatización.**



En la Figura 55 se observa el valor eficaz de la corriente de la carga (sensores, fotoceldas, *power packs*), en ella se presenta un comportamiento decreciente en función del tiempo de medición, en la prueba se observa que el valor eficaz de corriente decrece de 0,703 A hasta 0,693 A

**Figura 55. Comportamiento del valor eficaz de la corriente de los elementos de automatización**



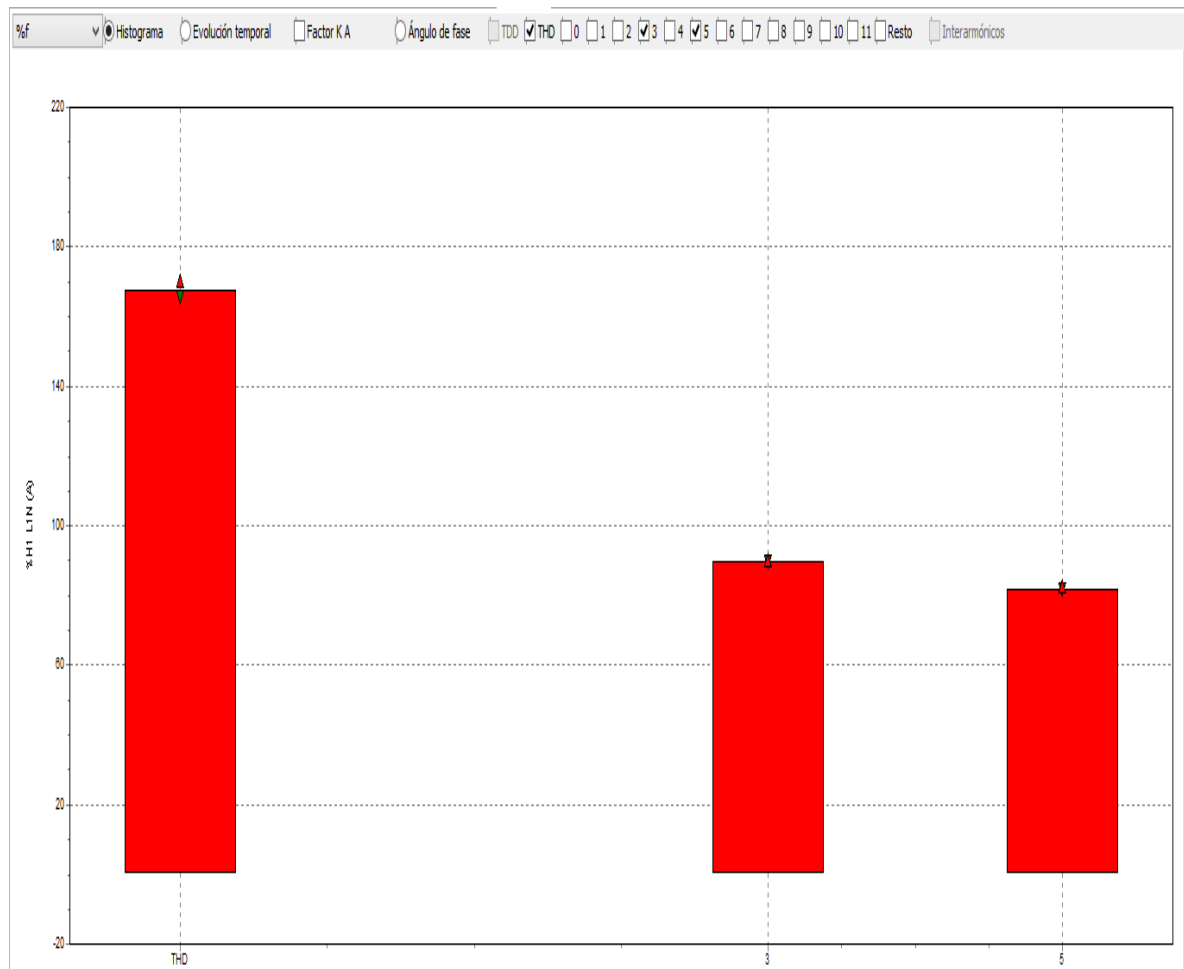
En la Figura 56 se observa el comportamiento de la potencia reactiva. Con respecto a la potencia reactiva se aprecia que los dispositivos de automatización tienen un comportamiento capacitivo.

**Figura 56. Comportamiento de la potencia reactiva de los elementos de automatización.**



La Figura 57 describe el comportamiento de la distorsión armónica total de corriente que se presenta en los dispositivos electrónicos. Se observa que el valor para este caso es de 165,65%; establece que este tipo de carga por su no linealidad genera una alta distorsión en la señal de corriente, lo cual se refleja en el bajo factor de potencia medido (0,52), muy distante de un factor de potencia adecuado, lo cual afecta la calidad de la energía eléctrica. Debido a la distorsión de la corriente de estos dispositivos, las componentes armónicas más relevantes son la tercera y la quinta como se aprecia en la Figura 57.

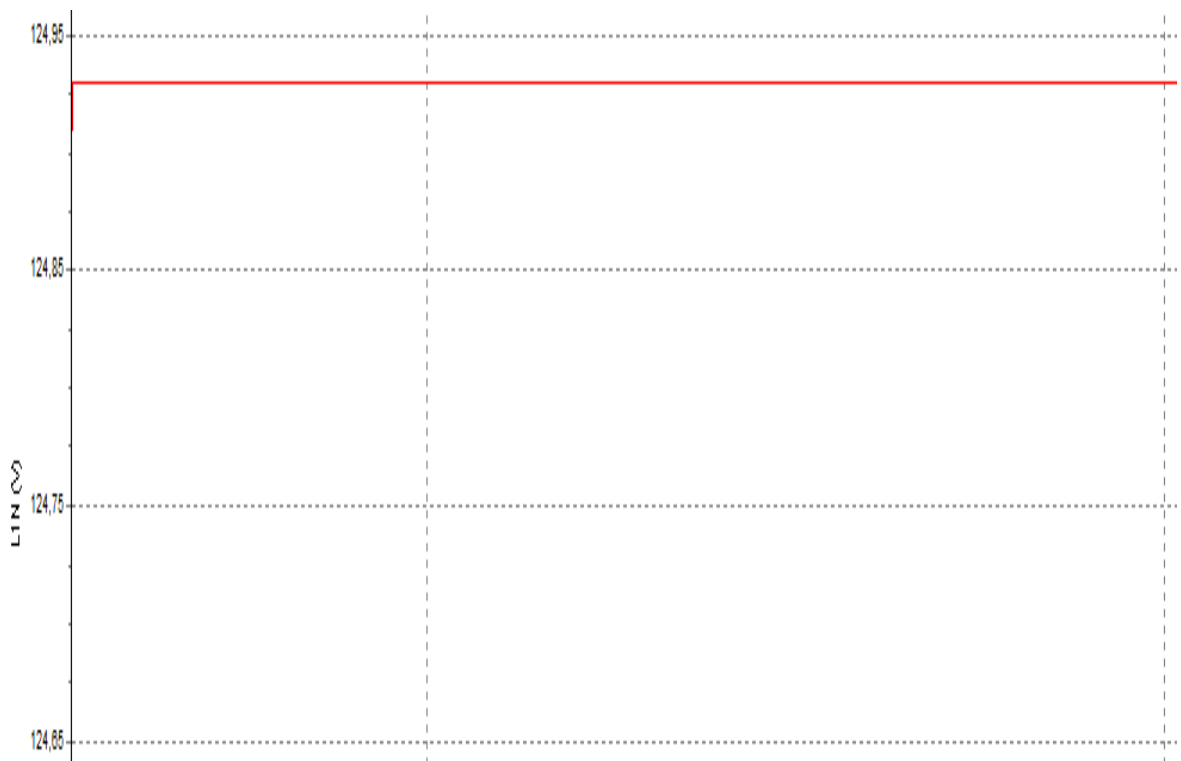
**Figura 57. Distorsión armónica total de corriente de los dispositivos electrónicos conectados.**



**7.5.2 Curvas de parámetros de tensión, corriente y potencia de los *power packs* conectados.** Se realizó una experimentación para obtener los parámetros de tensión, corriente y potencia los power pack conectados en paralelo, sin los dispositivos electrónicos conectados. Esta medida se realizó para determinar el consumo de energía eléctrica de los dispositivos de automatización y compararlos con las medidas que se realizaron con los elementos conectados para realizar una comparación del comportamiento de esta carga eléctrica.

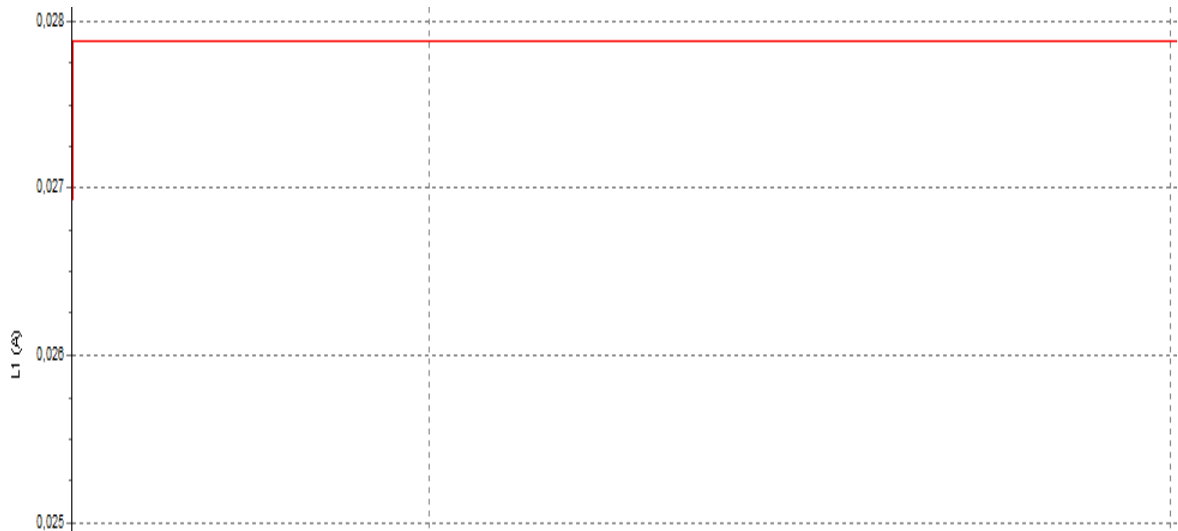
Con referencia al valor eficaz de la tensión, se observa que se mantiene en 124,75 V, (ver Figura 58) este valor cumple con los valores de regulación ( $120 \pm 10\%$  V), por lo tanto la señal de tensión del sistema es adecuada.

**Figura 58. Comportamiento del valor eficaz de la tensión de los power packs en paralelo**



En la Figura 59 se observa que el valor eficaz de la corriente disminuye cuando a los power pack no se le conectan: el sensor de presencia, la fotocelda ON/OFF y la fotocelda dimerizable, en este caso el valor eficaz de la corriente es de 0,028(A) en contraste del valor eficaz de la corriente con los elemento conectados (ver Figura 55) donde se mantiene entre 0,703 A y 0,693 A.

**Figura 59. Comportamiento del valor eficaz de la corriente de los power packs en paralelo.**



En la Figura 60 se observa el comportamiento de la potencia reactiva. Con respecto a los power packs conectados en paralelo se presenta un comportamiento capacitivo (-0,40 VAr), además con relación a los dispositivos de automatización conectados, se observa que la reactiva varía de (-0,40 VAr a -0,75 VAr).

**Figura 60. Comportamiento de la potencia reactiva de los power packs en paralelo.**



Con respecto a la distorsión armónica total de la corriente, ésta es del 197,08% para los *power packs* conectados en paralelo (ver Figura 61). Es un porcentaje elevado dado que disminuyó el valor eficaz de la corriente. Por otra parte, el factor de potencia es 0,47, menor con respecto al que se obtiene cuando los dispositivos están conectados.

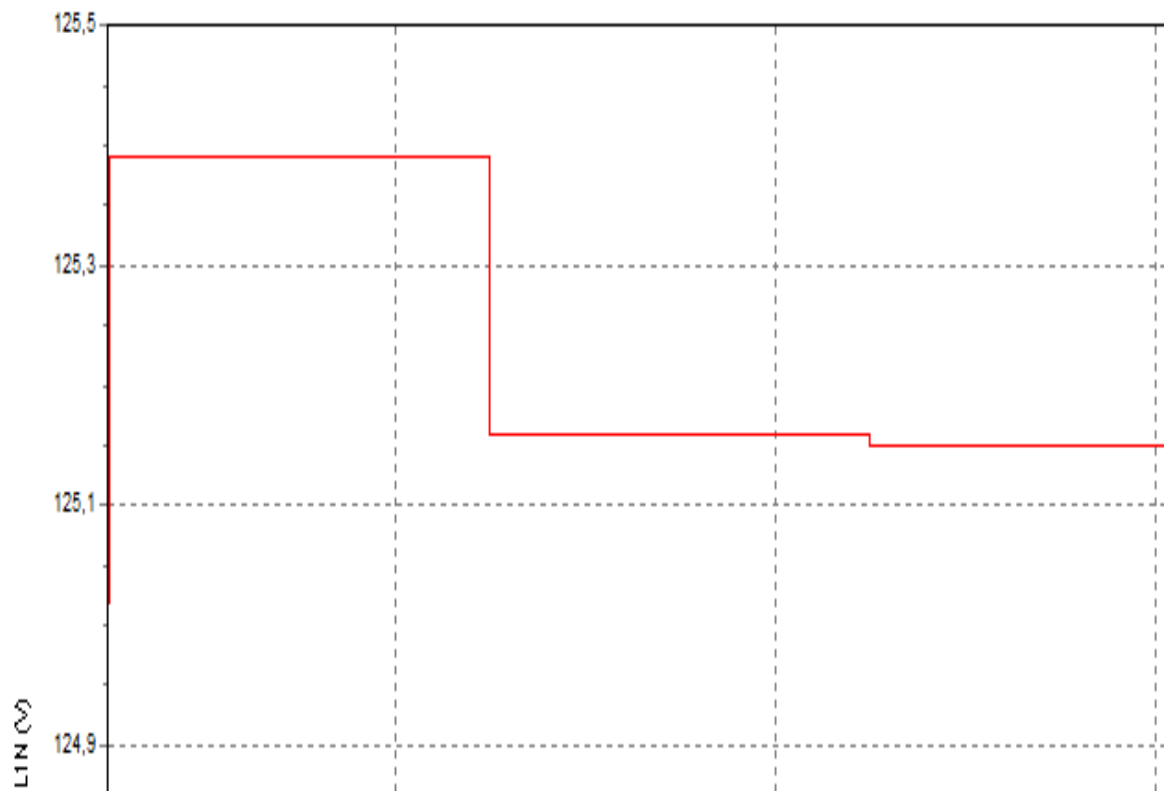
El porcentaje de las componentes armónicas de corriente con respecto a la componente fundamental de estos elementos son: del 80,5% para la componente del 3° armónico 78,5% para la componente del 5° armónico. Aunque estas las magnitudes de esta componentes son mayores a las obtenidas cuando se encuentran los dispositivos conectados a los *power packs*, es importante resaltar que el valor eficaz de la corriente en este caso es sólo de 0,028 A con respecto a 0,7 A en el otro caso analizado.

**Figura 61. Distorsión armónica total de los *power packs* conectados en paralelo.**



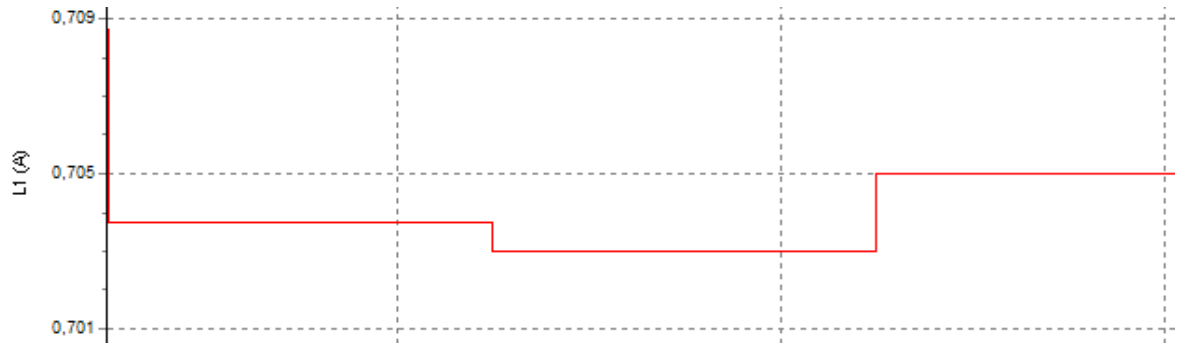
**7.5.3 Curvas de parámetros de tensión, corriente y potencia de la luminaria LED.** Analizando el resultado de las mediciones se observa en la Figura 62, que el valor eficaz de la tensión está en los límites de regulación ( $120 \pm 10\%$  V).

**Figura 62. Comportamiento del valor eficaz de la tensión en la luminaria LED.**



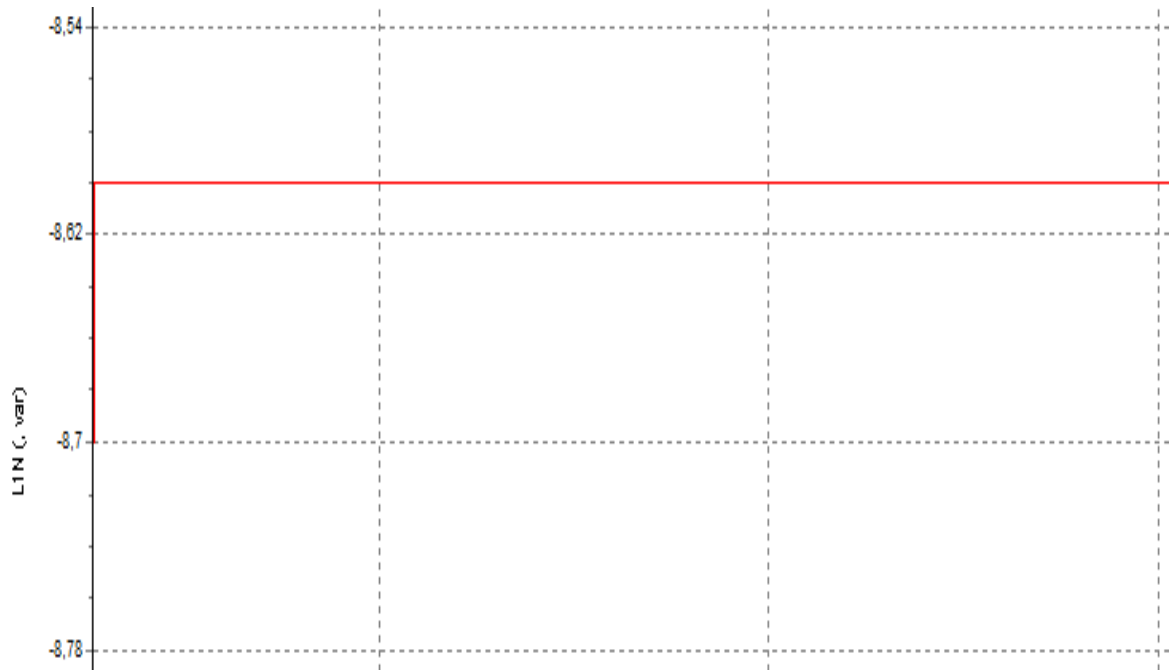
Con respecto a la corriente se observa que durante el tiempo de la medición sufre una leve disminución (ver Figura 63). Y después tiende a estabilizarse (0,705 A) Esto es un aspecto importante en la luminaria LED, característica importante para la funcionabilidad de la luminaria con respecto al consumo de potencia.

**Figura 63. Comportamiento del valor eficaz de la corriente en la luminaria LED.**



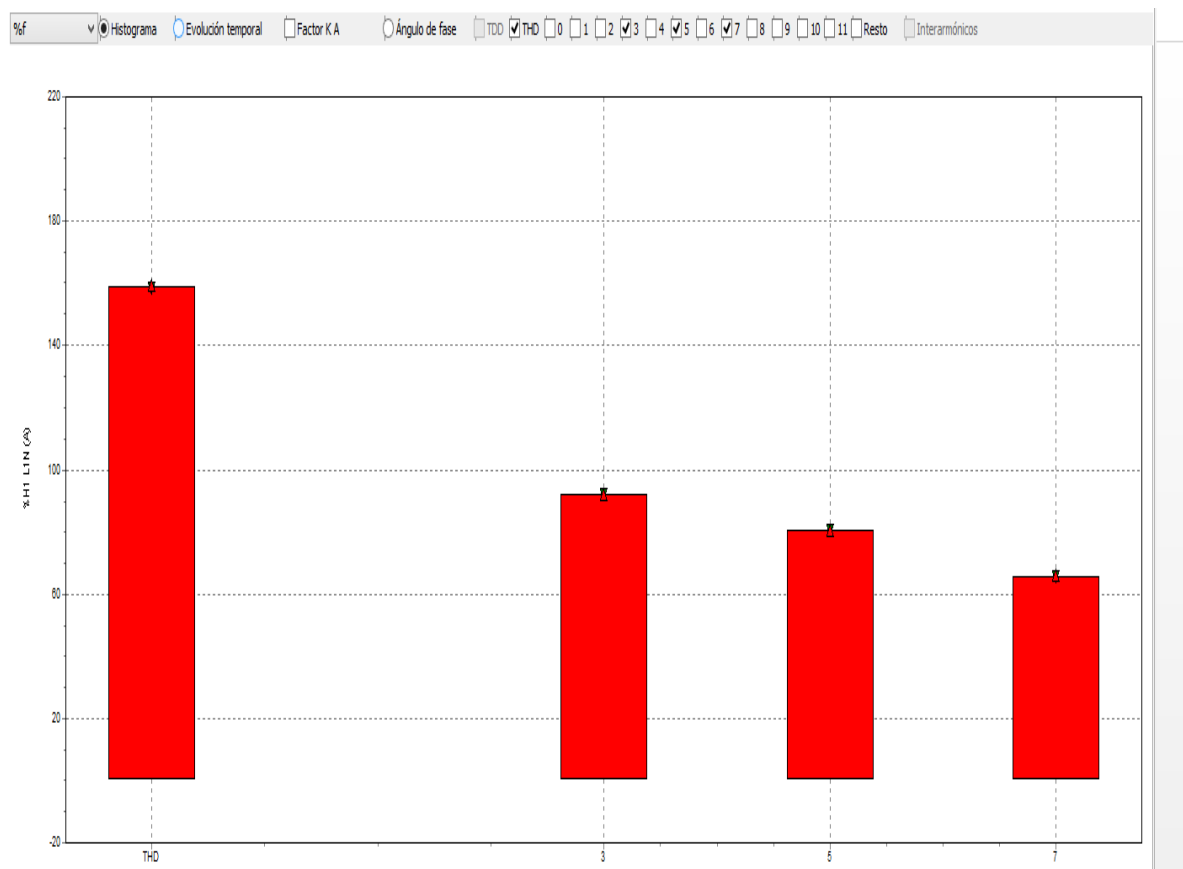
En la Figura 64 se muestra el comportamiento de la potencia reactiva. Teniendo en cuenta el análisis de la potencia reactiva se observa que presenta un comportamiento capacitivo. Por lo tanto, es importante resaltar que para las tres cargas analizadas en este proceso de experimentación todas presentan este tipo de comportamiento.

**Figura 64. Comportamiento de la potencia reactiva de la luminaria LED.**



Para el análisis del comportamiento de distorsión armónica total de la corriente, se realizó la prueba durante un tiempo de 1 minuto. Analizando el resultado de las mediciones realizadas se observa en la Figura 65 que el valor de la distorsión armónica total de la corriente es del 158,58%. Las componentes armónicas características de la corriente es este caso con la tercera con un 91,97%, la quinta con un 80,47% y la séptima con un 65,69%. Para este caso se presentan porcentajes de distorsión armónica elevados que afectan la calidad de la energía eléctrica como se ratifica en el factor de potencia obtenido de 0,52.

**Figura 65. Distorsión armónica total de la luminaria LED.**



## **8 CONCLUSIONES**

### **Estrategias de automatización**

- En general se logró confirmar que el resultado de los diseños de las estrategias de automatización puede usarse para implementarse en otras áreas del Edificio de Ingeniería Eléctrica, debido a que con el proceso de investigación se logró calcular el costo por luminaria y por metro cuadrado, necesario para instalar la estrategia de automatización, esta es una herramienta importante para la implementación de las estrategias estudiadas en este trabajo de grado.
- Específicamente se pudo establecer la importancia que presentan los grupos de control de luminarias en los sistemas de iluminación automatizados para hacerlos más eficientes en consumo.
- Se comprobó mediante los resultados con respecto a los ductos y el cableado, que diseñando la estrategia teniendo en cuenta la instalación existente en el área escogida no presenta mayor diferencia si se realiza el diseño sin tener en cuenta ninguna consideración de cableado y ductos para el área, tiende a mantenerse constante, dato importante para la implementación de las estrategias de automatización.

### **Medición y curvas de comportamiento luminarias**

- De acuerdo con las curvas de comportamiento de la iluminación artificial hallada en el proceso de medición, fue posible confirmar que la iluminancia de la luminaria LED es mayor a la luminaria fluorescente y además el

comportamiento de la luminaria LED con respecto al consumo de potencia es mejor, debido a que el valor eficaz de la corriente es menor, aspecto importante en los sistemas de iluminación con este tipo de luminaria.

- Se comprobó mediante las mediciones que la tensión de suministro de la red eléctrica cumple con las exigencias de distorsión armónica total de la tensión.
- Al comparar los resultados hallados en los métodos de medición se observó que el factor de potencia de la luminaria LED es bajo, por lo tanto es un factor negativo de este tipo de carga, ya que dista del factor de potencia ideal de los sistemas eléctricos. En este caso la potencia requerida por las no linealidades de la luminaria es la que mayor impacto tiene en la disminución del factor de potencia.

### **Medición y curvas de comportamiento dispositivos de automatización**

- Específicamente, en el análisis del comportamiento de consumo para este tipo de carga (dispositivos de automatización), se concluye que la tensión de suministro cumple con los parámetros de distorsión armónica total porque está entre los porcentajes estipulados por la reglamentación.
- Se comprobó mediante los resultados que para el factor de potencia de estos dispositivos es bajo y por consiguiente desfavorable para el sistema eléctrico debido a que es menor a 0,9 y su valor es distante del factor de potencia ideal de los sistemas eléctricos (1,0). Al igual que con la luminaria LED, la potencia requerida por las no linealidades de esta carga es la que mayor impacto tiene en la disminución del factor de potencia.
- Al comparar los resultados obtenidos en la experimentación, se observa una relación entre el incremento de la distorsión armónica total de corriente y la desmejora del factor de potencia, lo cual permite establecer que la desmejora del factor de potencia se debe a la no linealidad de estas cargas del sistema de iluminación.

- Se comprobó mediante las mediciones que la distorsión armónica total de corriente de los equipos analizados presentan un porcentaje elevado, por encima del 100% con relación a la componente fundamental, por lo tanto, estas cargas impactan la calidad de la energía eléctrica de los sistemas eléctricos.
- En el análisis de la distorsión armónica individual de corriente de estas cargas, se concluye que la distorsión generada por estas se refleja en que las componentes características son la tercera, la quinta y la séptima.

## 9 RECOMENDACIONES

- Realizar futuros trabajos de grado que aborden la implementación de estrategias de automatización en todas las áreas del Edificio de Ingeniería Eléctrica para obtener los beneficios de los sistemas híbridos de iluminación y así hacerlos más eficientes.
- La masificación de la implementación de los sistemas híbridos de iluminación para reducir los costos, permitiendo a futuro se tengan costos de inversión más bajos y tiempos de recuperación igualmente menores.

## CITAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] G. OSMA, Uso racional de la energía a partir del diseño de aplicaciones sostenibles en el Edificio Eléctrica II de la Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga 2011
- [2] C. General And C. V Franco. Alumbrado interior de edificaciones residenciales: Guía didáctica para el buen uso de la energía. 2007
- [3] International Energy Agency, Application guide for daylight responsive lighting control – IEA 2001
- [4] Instituto para la diversificación y ahorro de la energía (IDEA), Guía técnica aprovechamiento de la luz natural de edificios. Madrid, 2005
- [5] C.F. Kirschbaum. Diseño de iluminación de interiores, estudio del módulo diseño de la iluminación de la escuela de posgrado en luz y visión del instituto de luminotecnia, luz y visión. 1995
- [6] C.F. Kirschbaum. Diseño de iluminación de interiores, estudio del módulo diseño de la iluminación de la escuela de posgrado en luz y visión del instituto de luminotecnia, luz y visión. 1995
- [7] M.R. Raitelli – E.M. Colombo – C.F. Kirschbaum lighting and energy balance: step by step strategy a textile industry. Memorias de right light three, Vol. 2 Newcastle Upon Tyne. Inglaterra. Junio 1995
- [8] Ministerio de Industria, Turismo y Comercio Exterior “GUIA TECNICA APROVECHAMIENTO DE LA LUZ NATURAL DE EDIFICIOS.” Madrid, España, p.87, 2005
- [9] Diccionario de Arquitectura y Construcción, “Definición de iluminación mixta.”[Online]. Available: <http://www.parro.com.ar/definicion-de-iluminacion+mixta> [consultado: 30-Nov-2015]
- [10] Comité Español de Iluminación and instituto para la diversificación y ahorro de energía, Guía técnica aprovechamiento de la luz natural de edificios. Madrid, España, 2005
- [11] M. de minas y energía, Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público- RETILAB, no 10. Bogotá, 2009

- [12] I. R. Silva, *Uso Racional y Eficiente de la Energía Eléctrica*. 2009
- [13] M. de M. y Energía, *Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas- RETIE*. Bogotá, 2008.
- [14] L. Lesur, *Manual de Iluminación: guía paso a paso*. México: Trillas, 2009
- [15] ATECOS, *Criterios de diseños con luz natural*. España: ATECOS. 2007
- [16] E. Imel, "iluminación Natural," 2011.
- [17] EBERHARDT Oliver. "THE COMPARISON OF NATURAL AND ARTIFICIAL LIGHTING." IEEE, p. 2, 2009.
- [18] California commission's Energy. California, "Daylight- Harvesting Made Simple," no. C California, Estados Unidos, pp. 1-2, 2009.
- [19] LEGRAND, "Ahorro de Energía y Control de Iluminación Soluciones de Eficiencia Energética." pp. 3-4, 2009

## BIBLIOGRAFIA

ANAYA Andrés, AVELLANEDA Cesar, CARDENAS Jorge. Influencia de parámetros de diseño de aplicaciones sostenibles sobre el consumo energético en las instalaciones del quinto piso del edificio de ingeniería eléctrica. Trabajo de grado Ingeniero Electricista. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, 2013.

CARRILLO Camilo, GONZALES José. “eficiencia y Sostenibilidad Energética en la Empresa. “Bogotá, Colombia, p 12, 2009.

COMITÉ ESPAÑOL DE ILUMINACIÓN AND INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE ENERGÍA. Guía Técnica Aprovechamiento de la luz natural de edificios. Madrid, España, 2005.

EBERHARDT Oliver. “The comparison of natural and artificial lighting.” IEEE, p.2, 2009.

Facultad de ingeniería industrial, “ILUMINACIÓN PROTOCOLO.” Laboratorio de producción, Bogotá, Colombia, p. 47, 2008.

GARCIA Alfonso, REYES María. La Importancia de la Estimación de la Incertidumbre en las Mediciones y la Validación de las Hojas de Cálculo.” Durango, México, pp. 1-2, 2012.

GALVEZ Xóchitl. "Diseño de Edificios Verdes e Inteligentes," Universidad Autónoma de México, Ciudad de México, México, 2010.

International Energy Agency, "Application guide for daylight responsive lighting control" IEA, pp. 3-4, 2001.

KARON Kirschbaum. Diseño de iluminación de interiores, estudio del módulo diseño de la iluminación de la escuela de posgrado en luz y visión del instituto de luminotecnia, luz y visión. 1995

LEGRAND," ahorro de Energía y control de Iluminación Soluciones de Eficiencia Energética. Pp. 3-4, 2009.

Ministerio de industria, turismo y comercio exterior. "Guía Técnica aprovechamiento de la luz natural de edificios." Madrid, España, p. 87, 2005.

Ministerio de minas y energía. República de Colombia, Reglamento Técnico de Iluminación y Alumbrado Público RELILAP, 1st ed. Bogotá, Colombia, 2010.

Ministerio de minas y energía. República de Colombia, Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas RETIE, 1st ed. Bogotá, Colombia, 2013.

OSMA German. "Uso racional de la energía a partir del diseño de aplicaciones sostenibles en el Edificio Eléctrica II de la Universidad Industrial de Santander".

Trabajo de grado Maestría, Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, 2011

PULIDO Oscar, MENESES Marvin. Evaluación de las Estrategias de Confort Visual y Térmico Establecidas para el Edificio de Ingeniería Eléctrica Según Lineamientos del Sistema de Certificación LEED a partir de la Herramienta Desingbuilder, Trabajo de grado Ingeniero Electricista. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, 2013.

SARMIENTO Pedro. Energía Solar en Arquitectura y Construcción, 2nd ed. México DC: RIL Editores, 2007.

Schneider, Electric. "Introducción al Control de Iluminación LONWORKS." Pp. 8-12, 2010

## **ANEXOS**

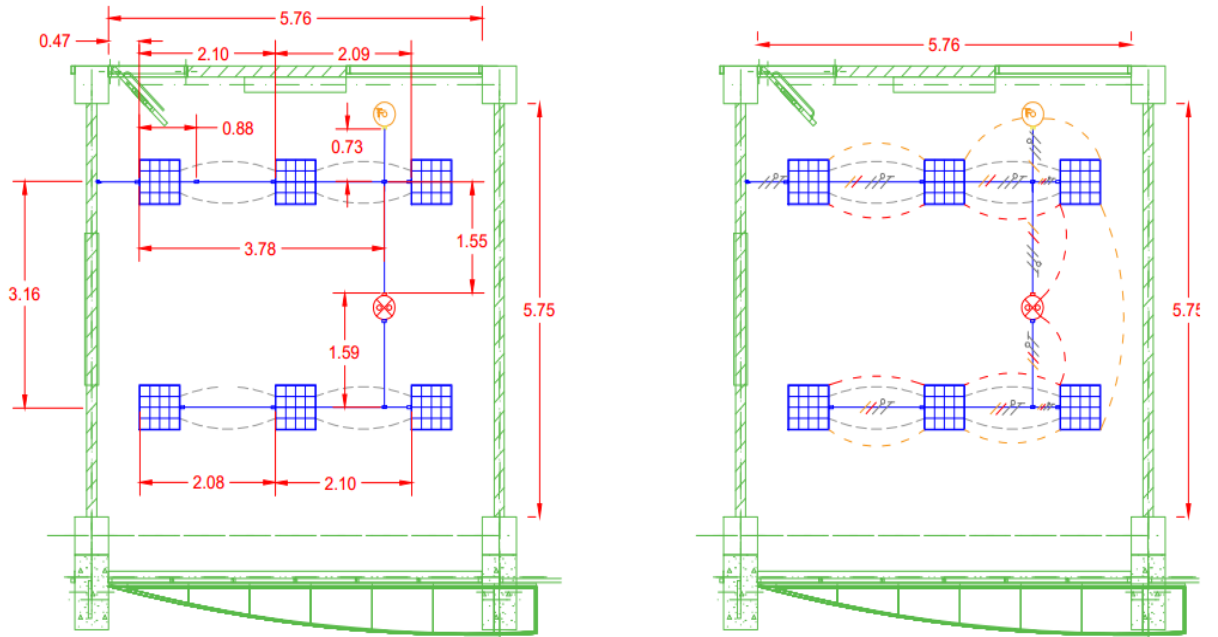
### **ANEXO A. Planos de las estrategias de automatización de las áreas interiores del Edificio de Ingeniería Eléctrica.**

Usar los sistemas híbridos de iluminación en entornos de trabajo requiere de estudios previos para manejar esta fuente de luz. Este anexo presenta los diseños eléctricos de las estrategias de automatización de las áreas de estudio en este trabajo de grado del Edificio de Ingeniería Eléctrica de la UIS.

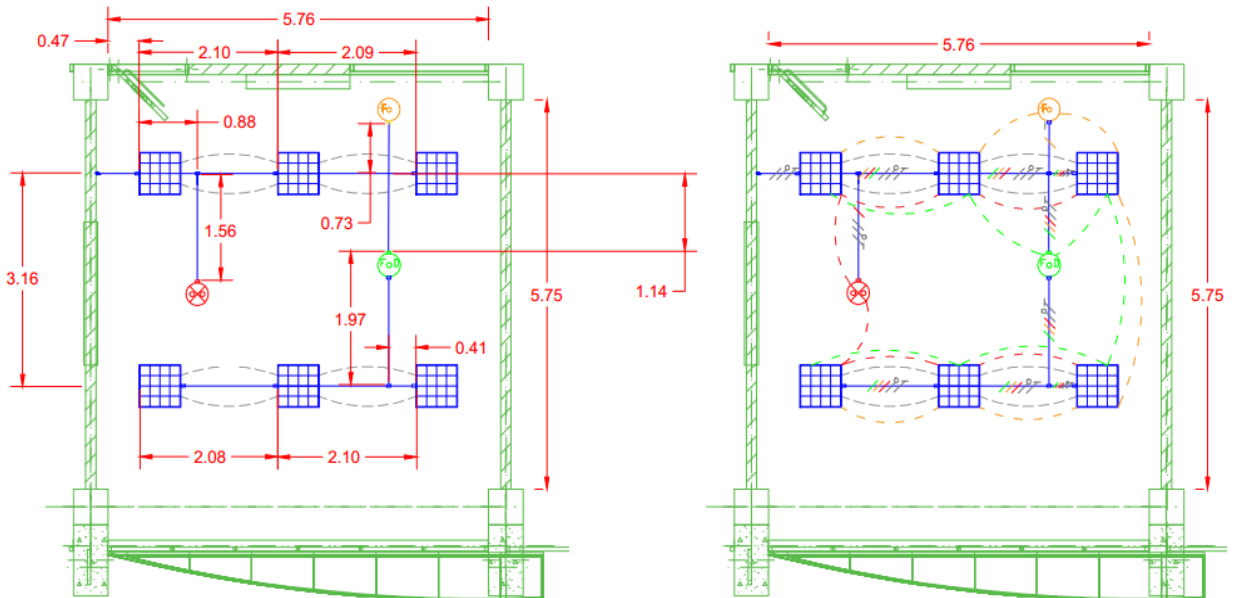
#### **Diseño de las estrategia para el salón 205**

El diseño de las estrategias para el área del salón 205 se realizó teniendo en cuenta dos escenarios, el primero considerando la ducteria existente en el aula y la segunda sin hacer ninguna consideración de ducteria y cableado. En este anexo se plasmaran los diseños del segundo escenario porque la primera ya se explicó. Además estos diseños serán presentados en el archivo original AutoCAD.

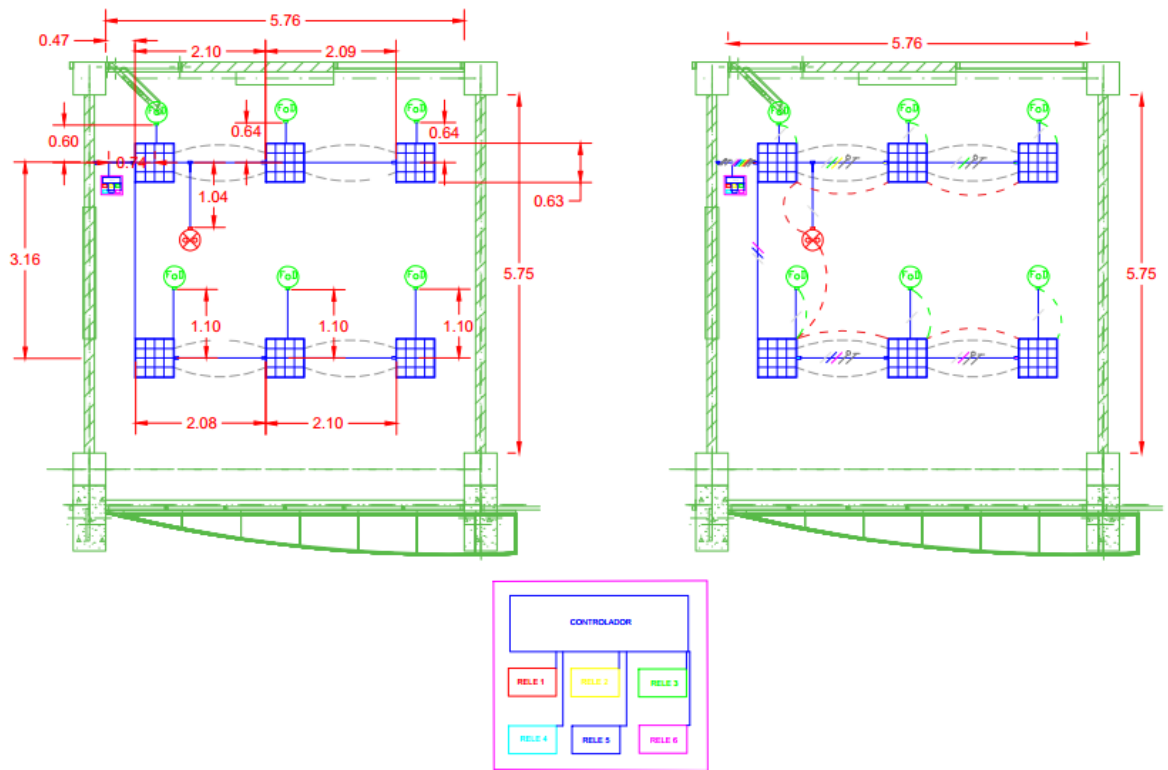
**Figura A.1(a) Control por presencia y fotocelda On/Off salón 205**



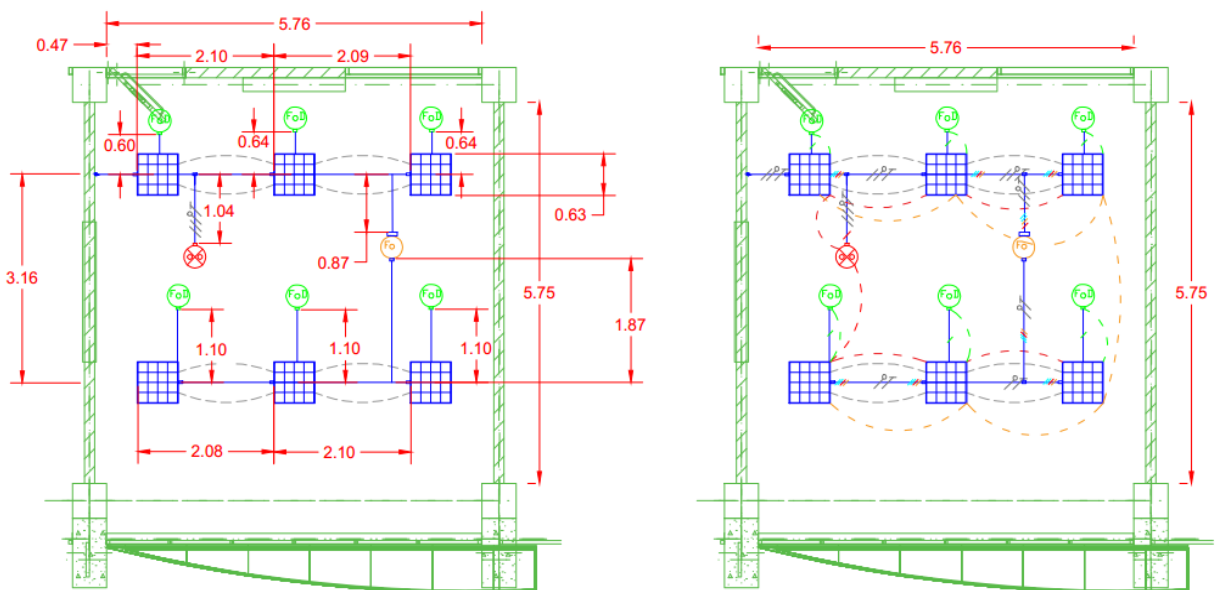
**Figura A.1 (b) Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off salón 205**



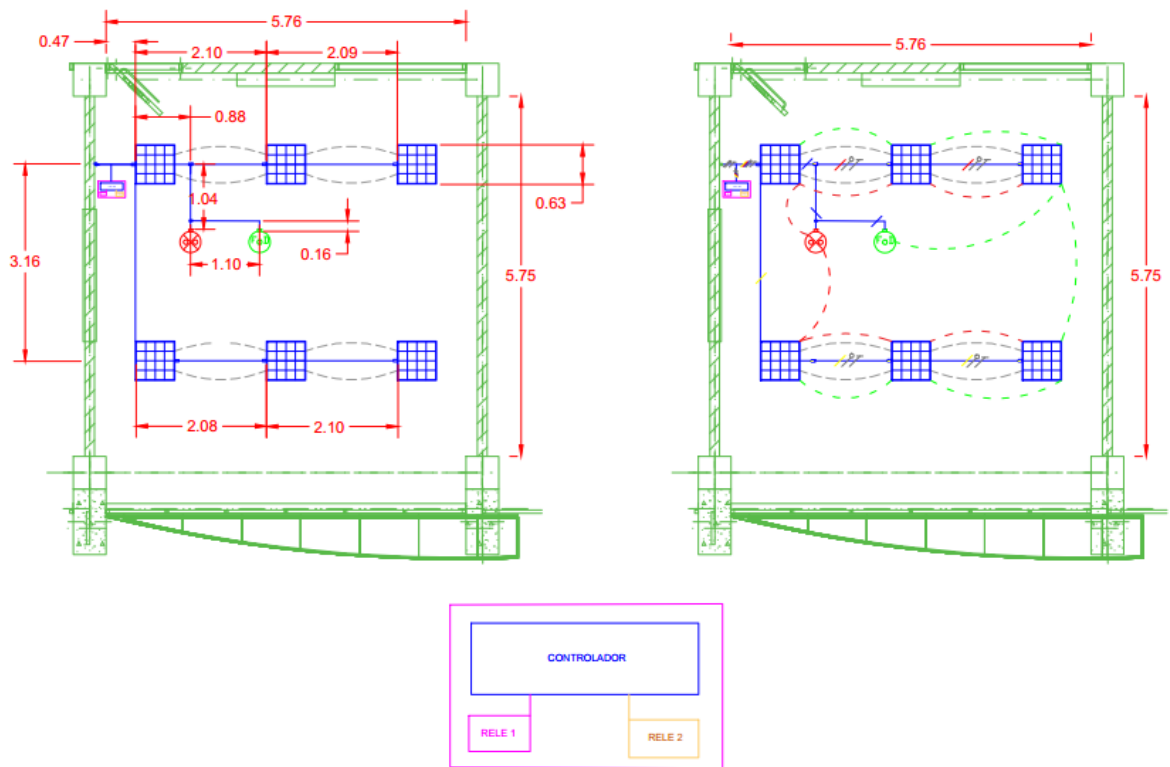
**Figura A.1(c) Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador salón 205**



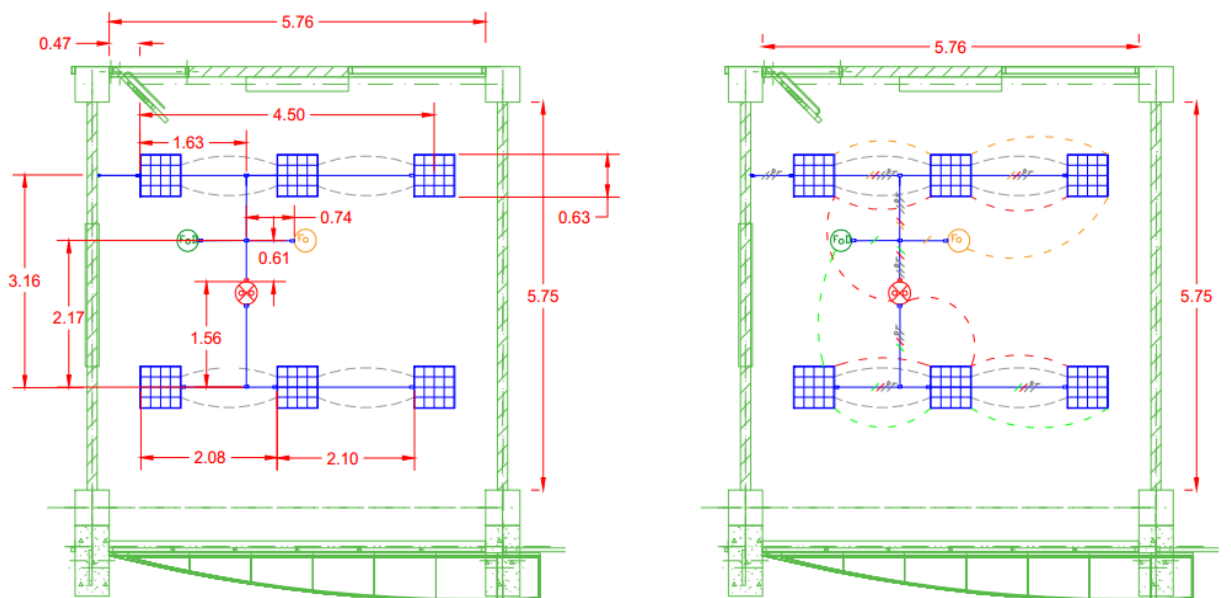
**Figura A.1 (d) Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off. Salón 205**



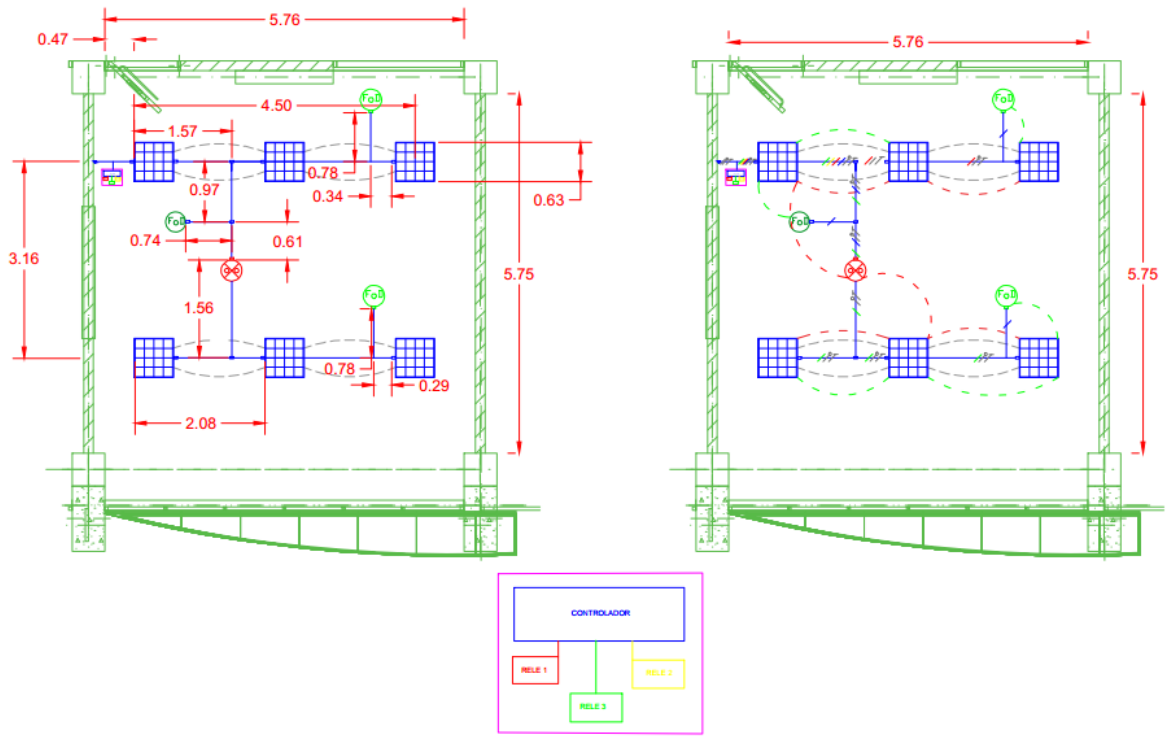
**Figura A.1 (e) Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador. Salón 205**



**Figura A.1 (f) Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off. Salón 205**



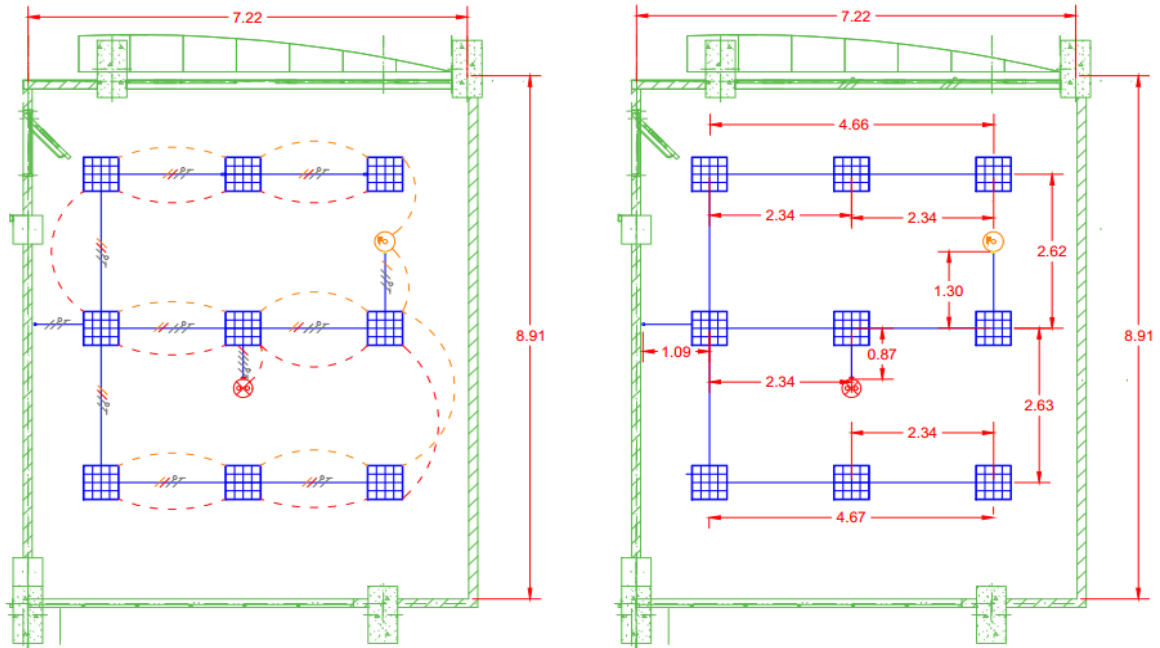
**Figura A.1 (g) Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador. Salón 205**



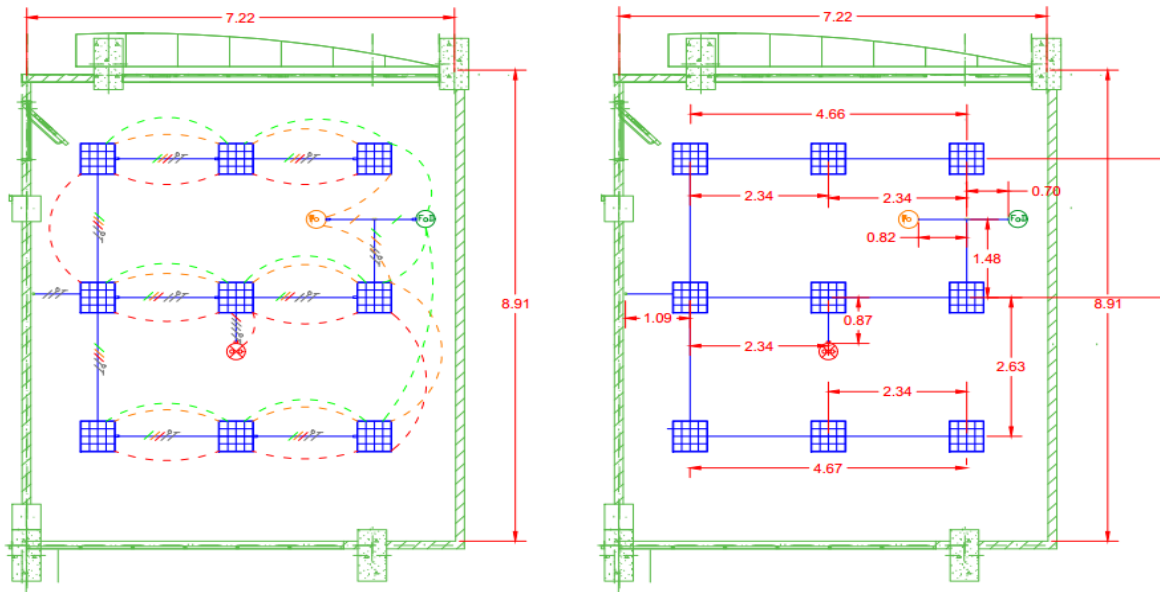
## Diseño de las estrategia para el salón 204

El diseño de las estrategias para el área del salón 204 se realizó teniendo en cuenta la ducteria existente.

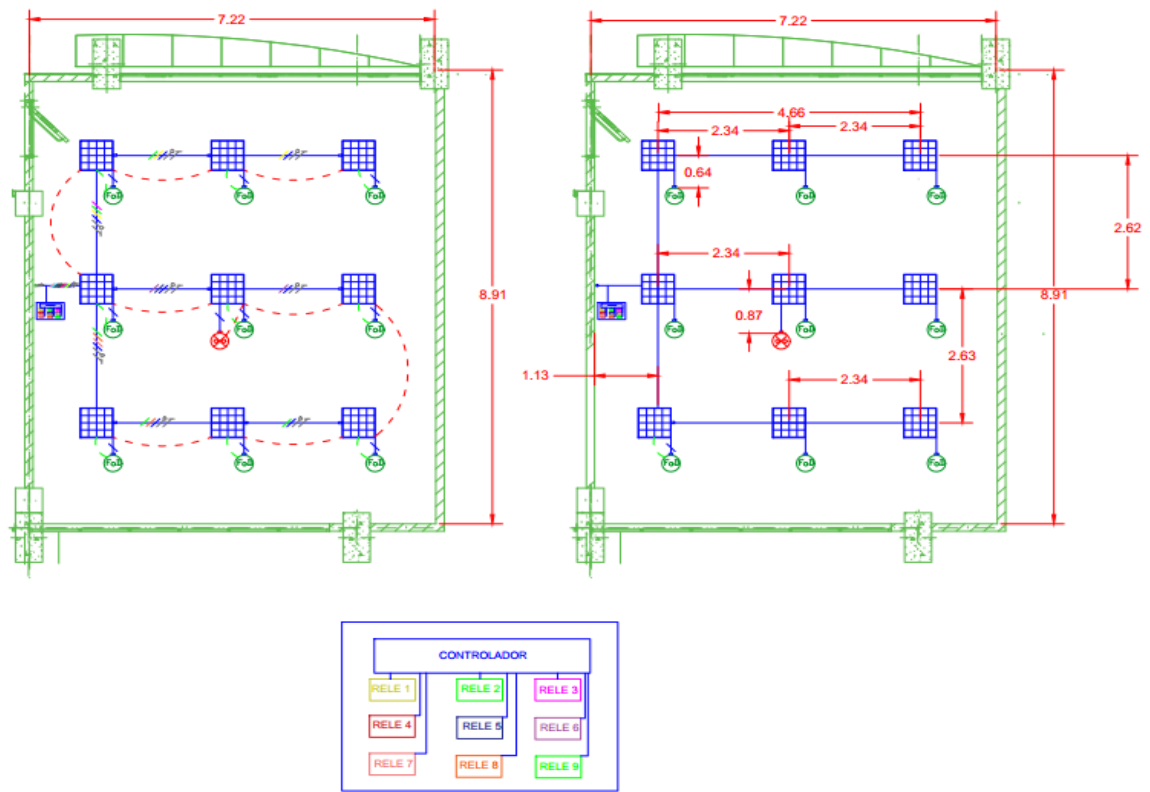
**Figura A.2(a) Control por presencia y fotocelda On/Off salón 204**



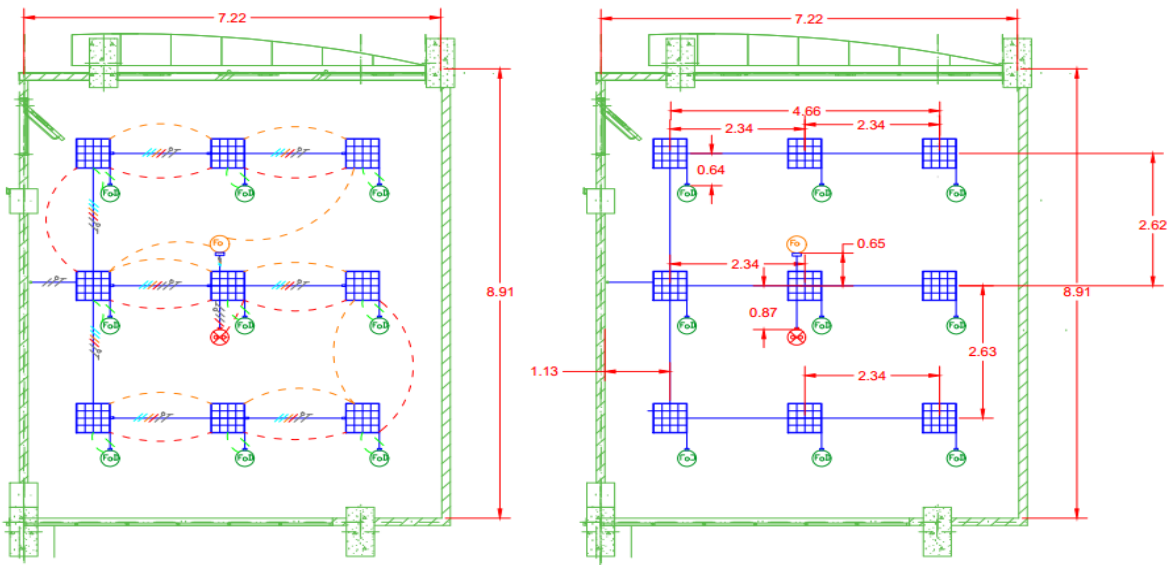
**Figura A.2 (b) Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off salón 204**



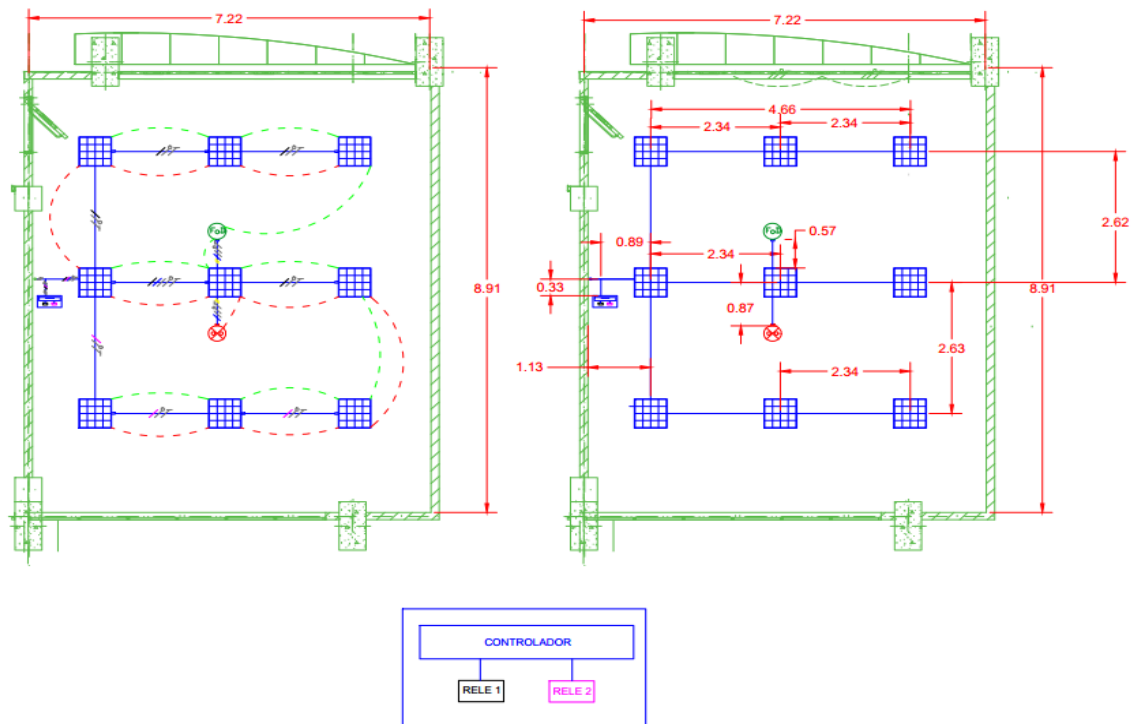
**Figura A.2(c) Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador salón 204**



**Figura A.2 (d) Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off. Salón 204**



**Figura A.2 (e) Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador. Salón 204**



**Figura A.2 (f) Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off. Salón 204**

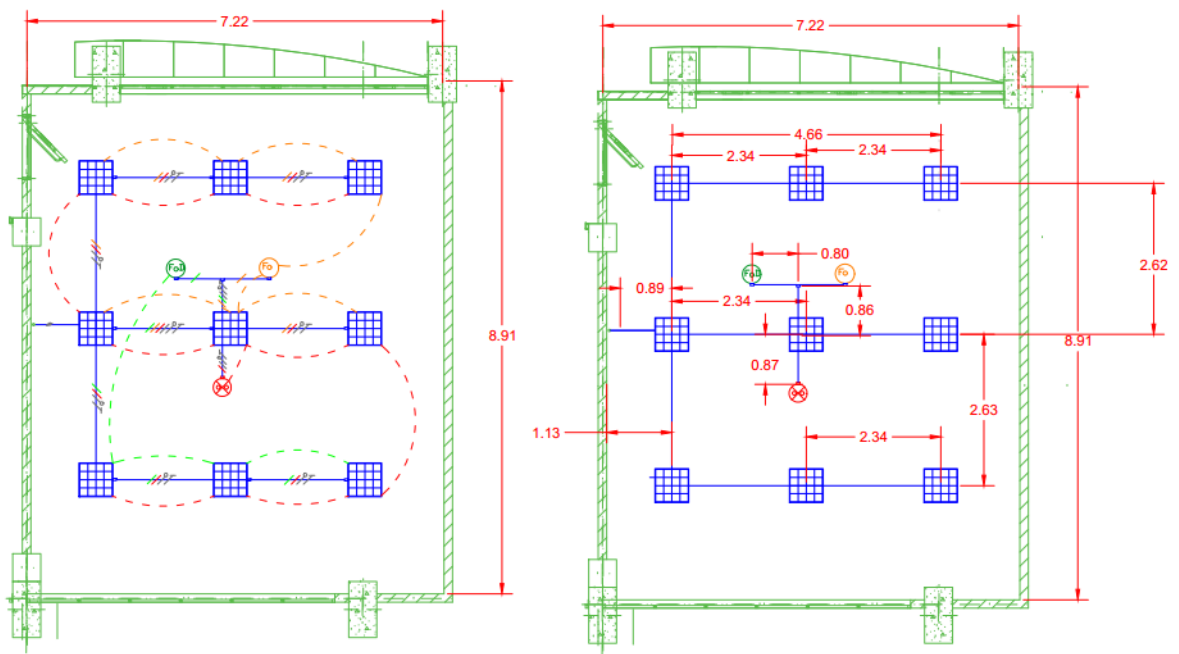
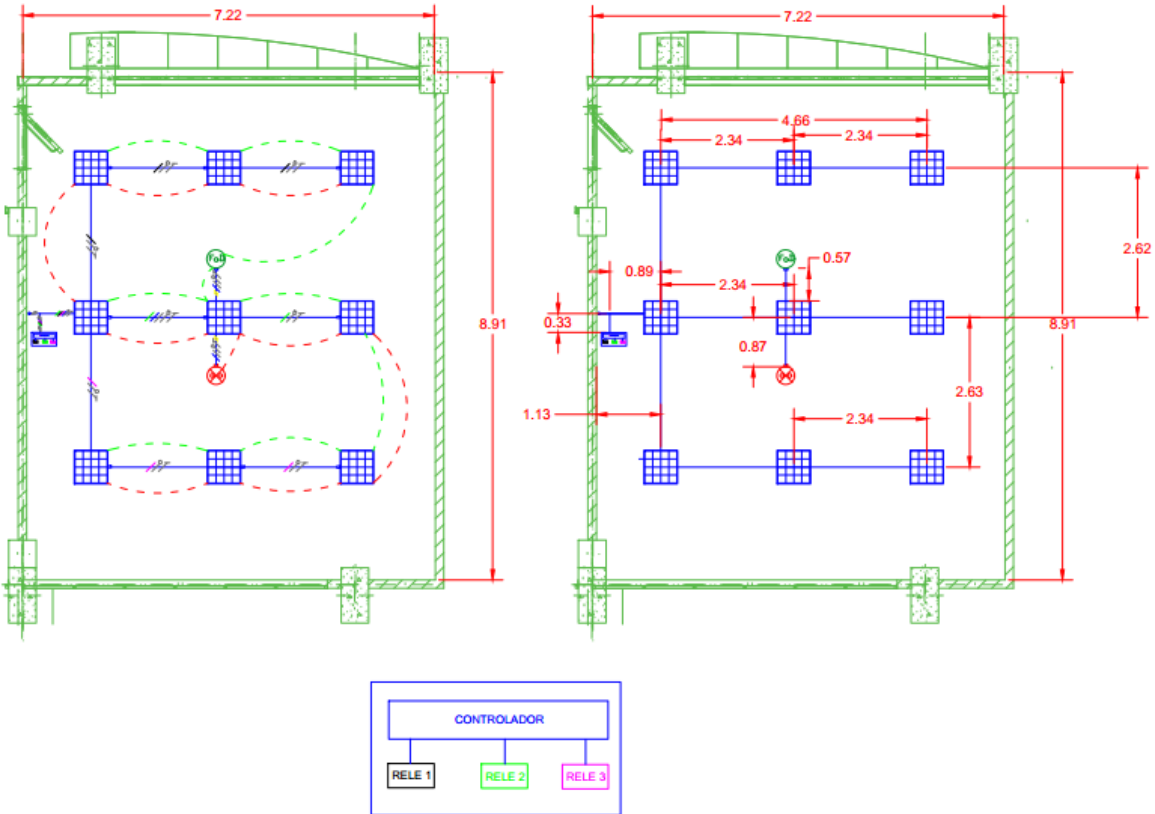


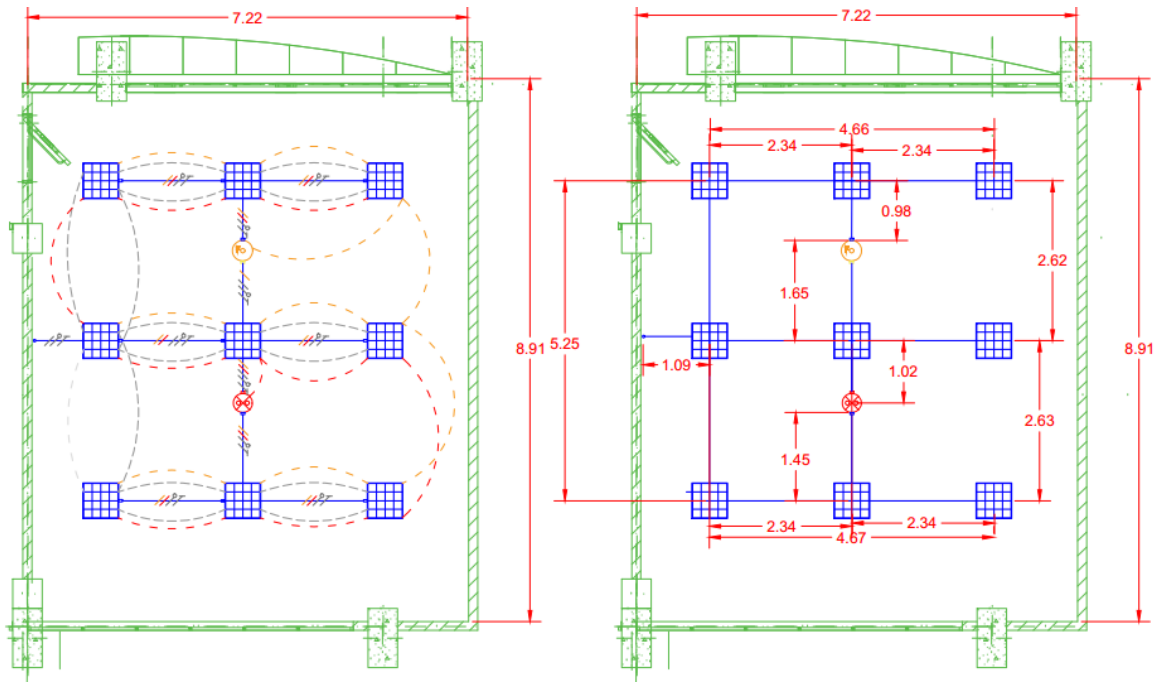
Figura A2 (g) Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador.  
Salón 204



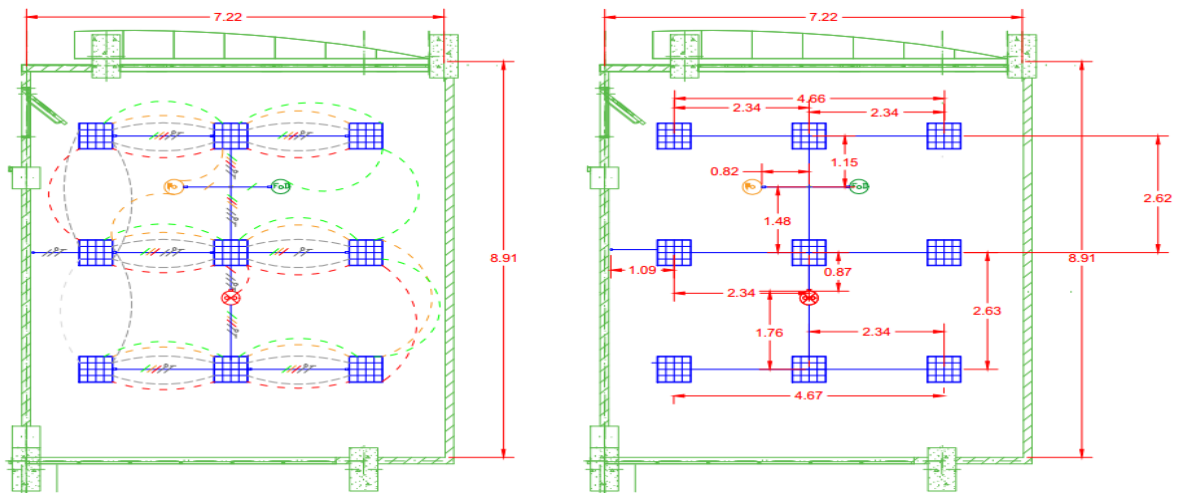
### Diseño de las estrategia para el salón 204

El diseño de las estrategias para el área del salón 204 se realizó sin tener ninguna consideración de ductería y cableado.

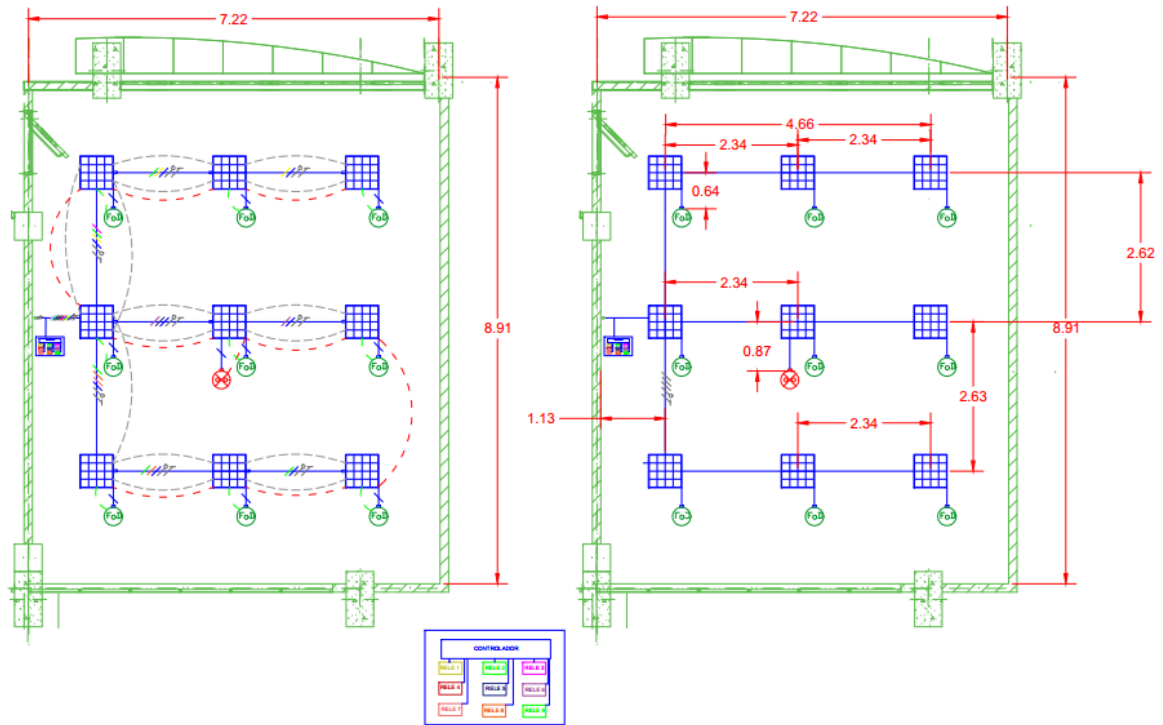
**Figura A.3(a) Control por presencia y fotocelda On/Off salón 204**



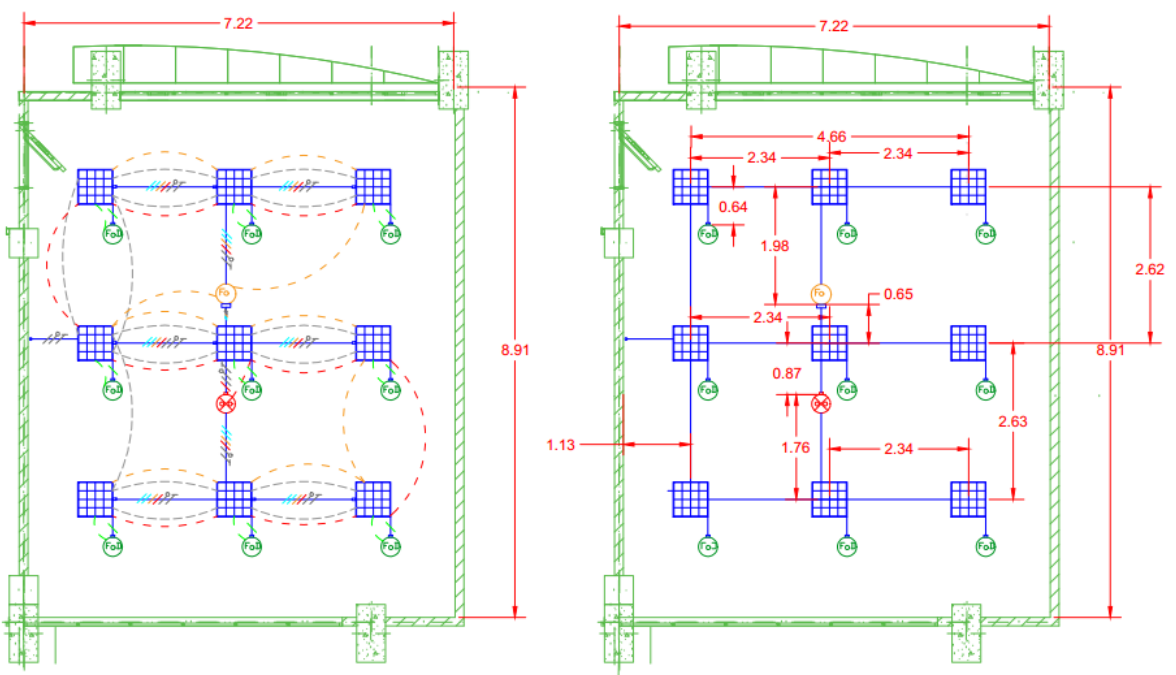
**Figura A.3 (b) Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off salón 204**



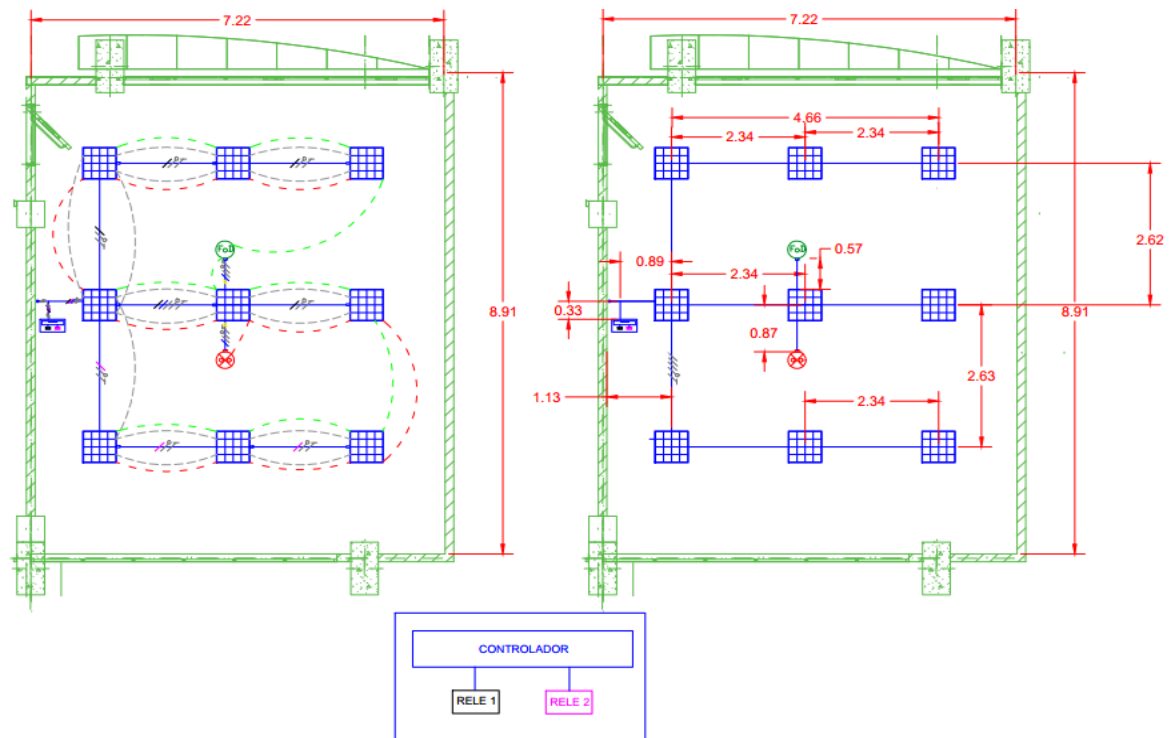
**Figura A.3(c) Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador salón 204**



**Figura A.3 (d) Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off. Salón 204**



**Figura A.3 (e) Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador. Salón 204**



**Figura A.3 (f) Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off. Salón 204**

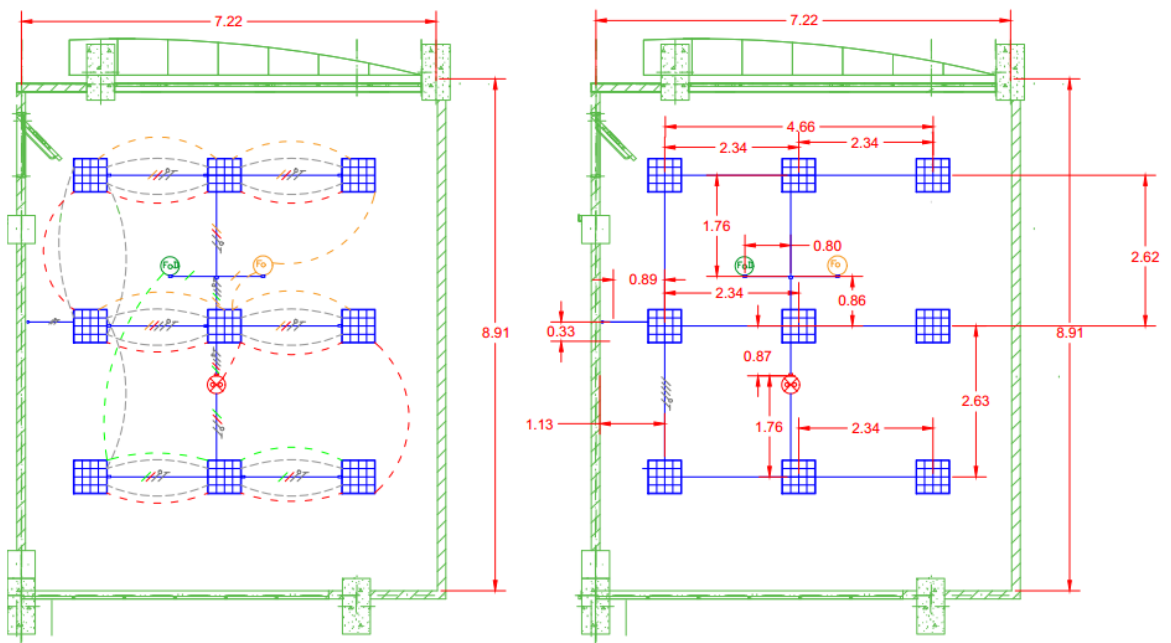
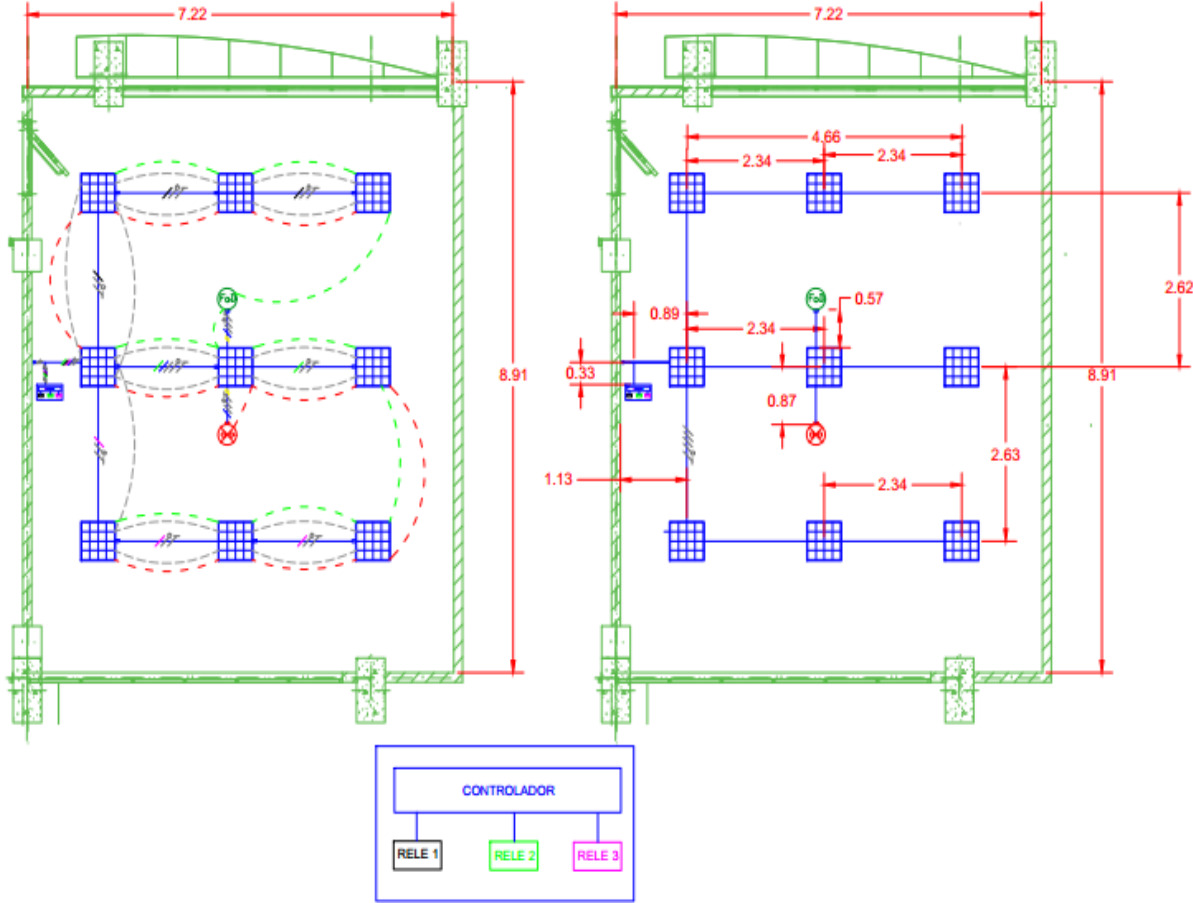


Figura A3 (g) Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador. Salón 204



## Diseño de las estrategia para La sala de reuniones

El diseño de las estrategias para el área de la sala de reuniones, teniendo en cuenta la ducteria existente

Figura A.4(a) Control por presencia y fotocelda On/Off sala de reuniones

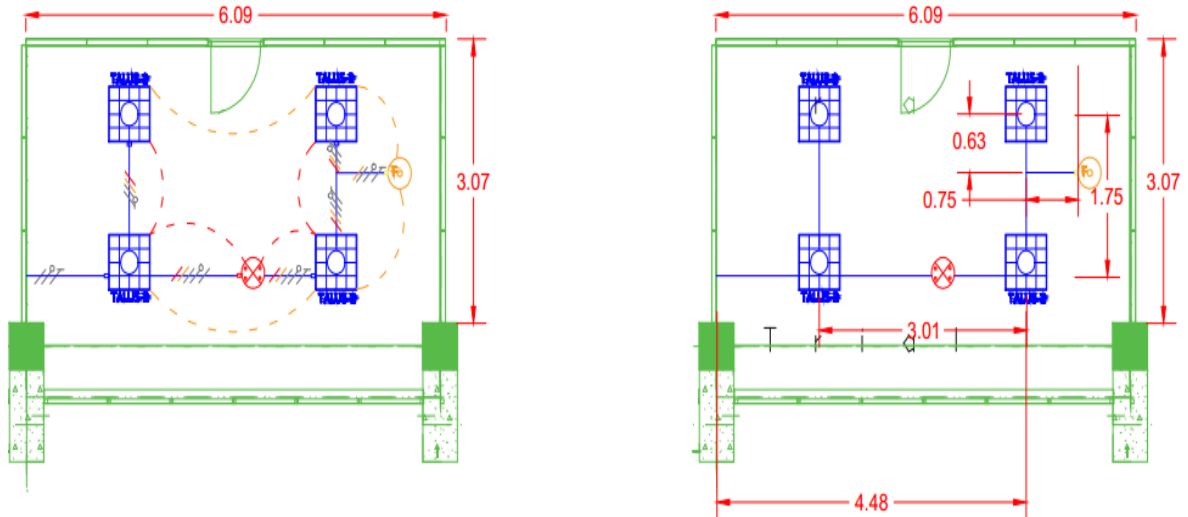
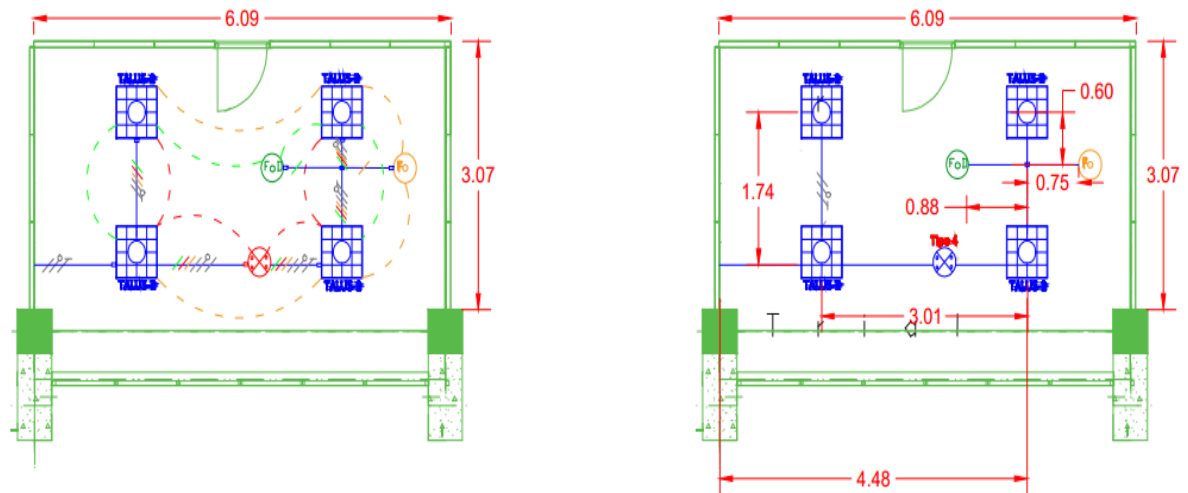
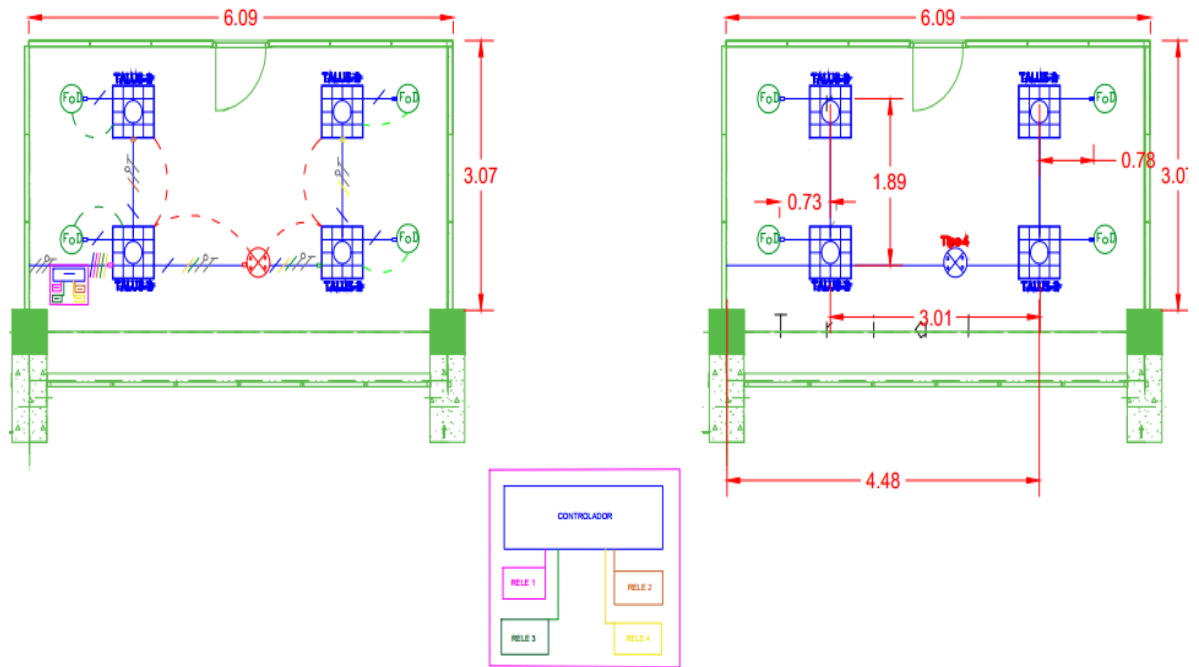


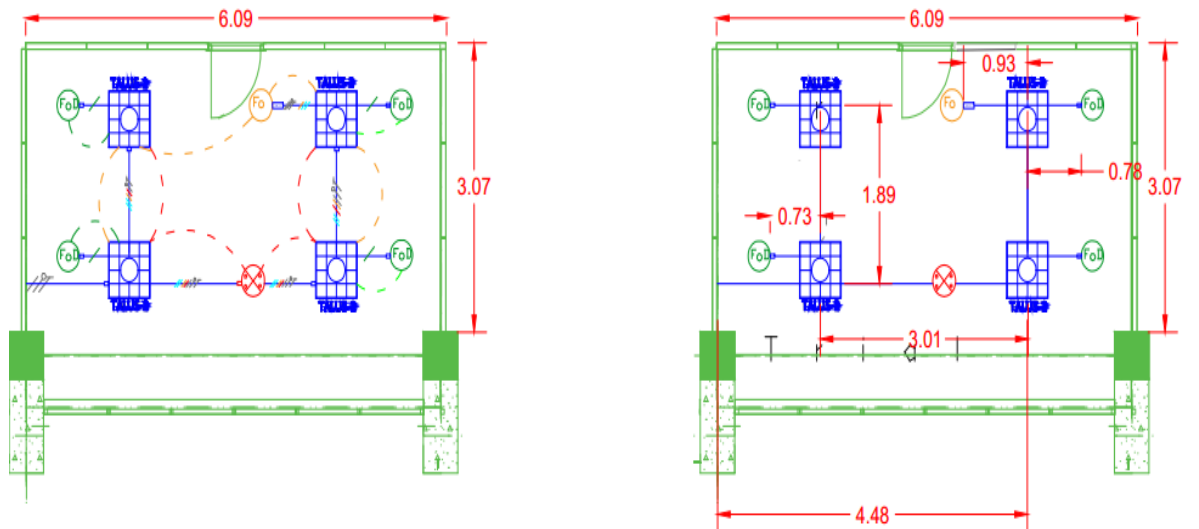
Figura A.4 (b) Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off sala de reuniones



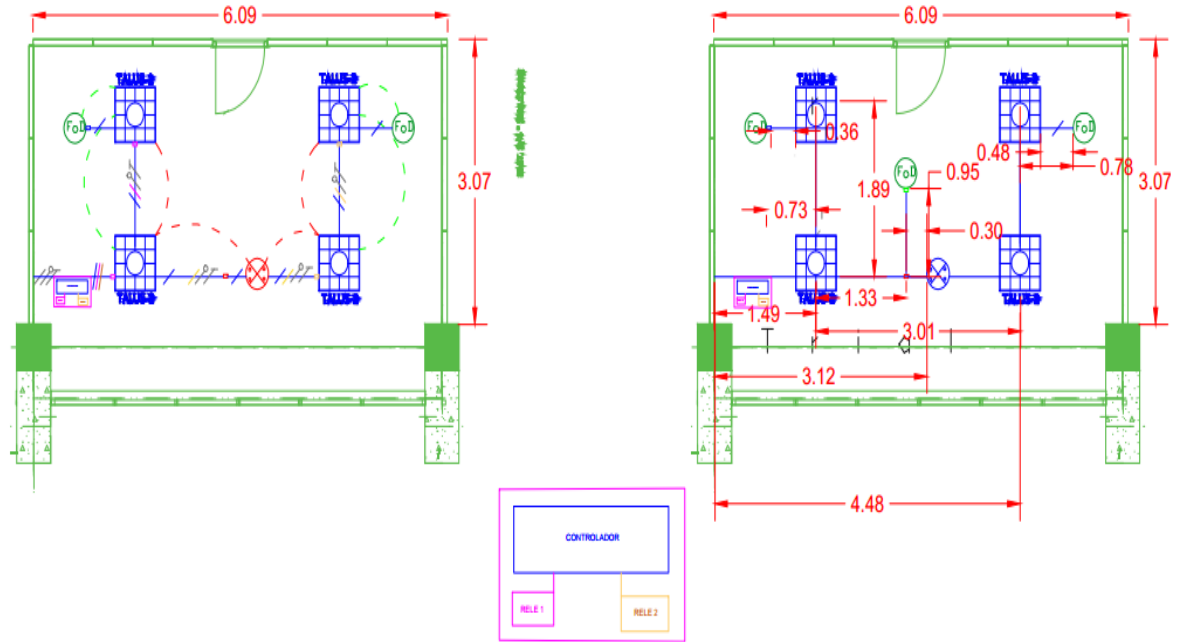
**Figura A.4(c) Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador sala de reuniones**



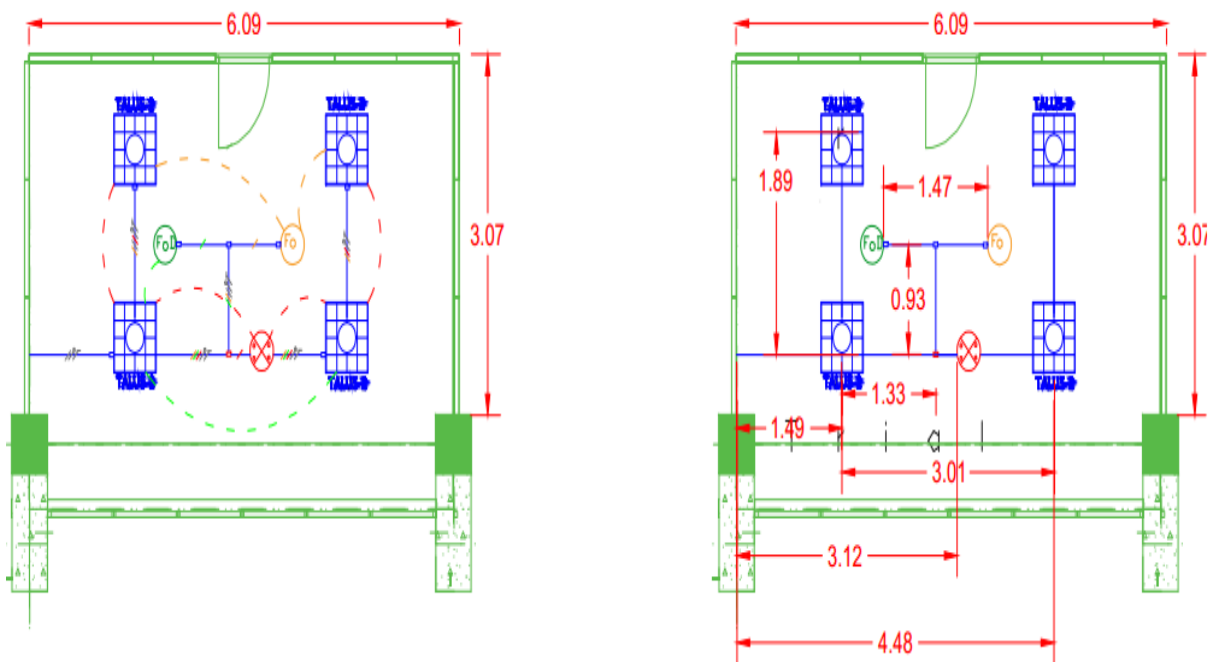
**Figura A.4 (d) Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off. Sala de reuniones**



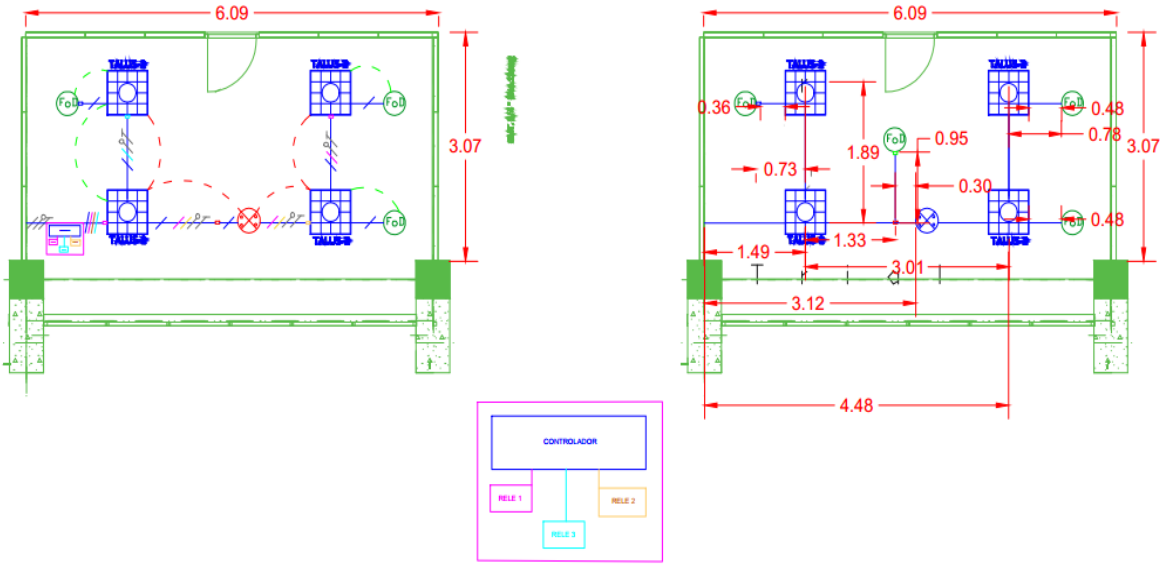
**Figura A.4 (e) Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador. Sala de reuniones**



**Figura A.4 (f) Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off. Sala de reuniones**



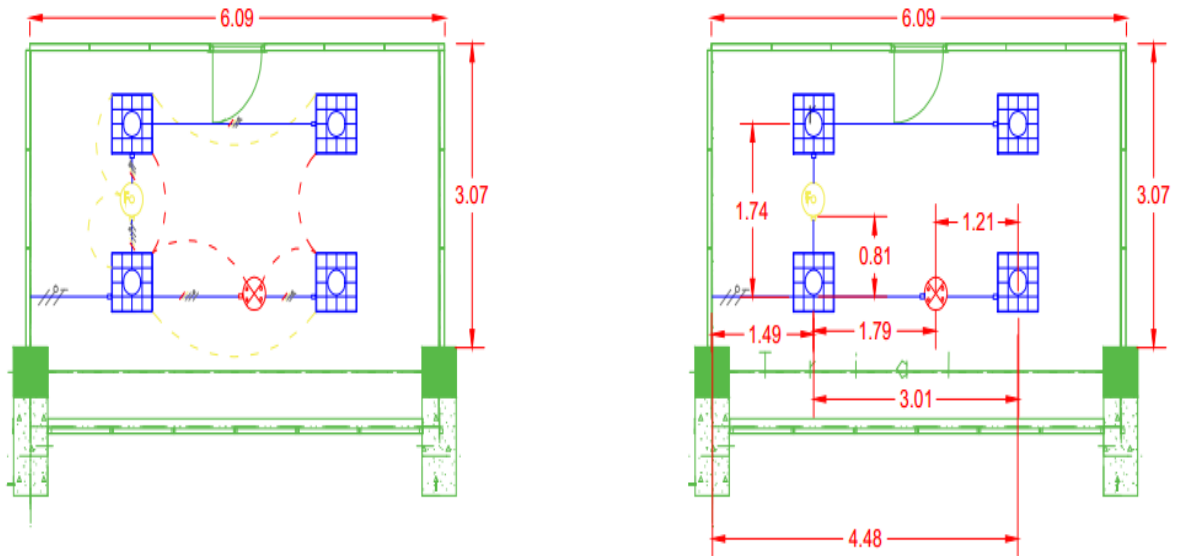
**Figura A4 (g) Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador. Sala de reuniones**



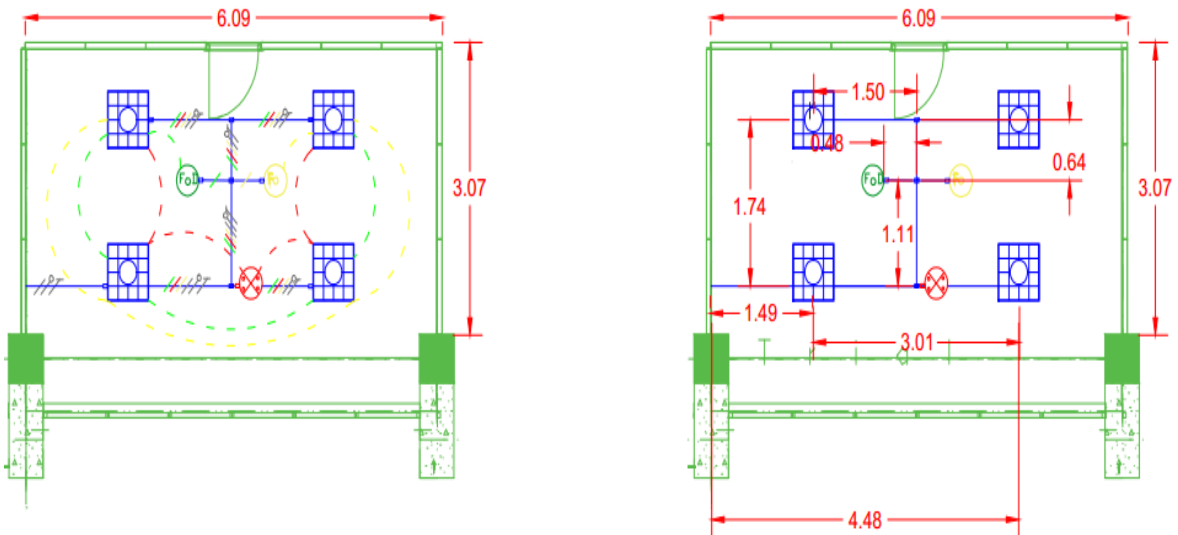
## Diseño de las estrategia para el sala de reuniones

El diseño de las estrategias para el área del salón 204 se realizó sin tener ninguna consideración de ductería y cableado.

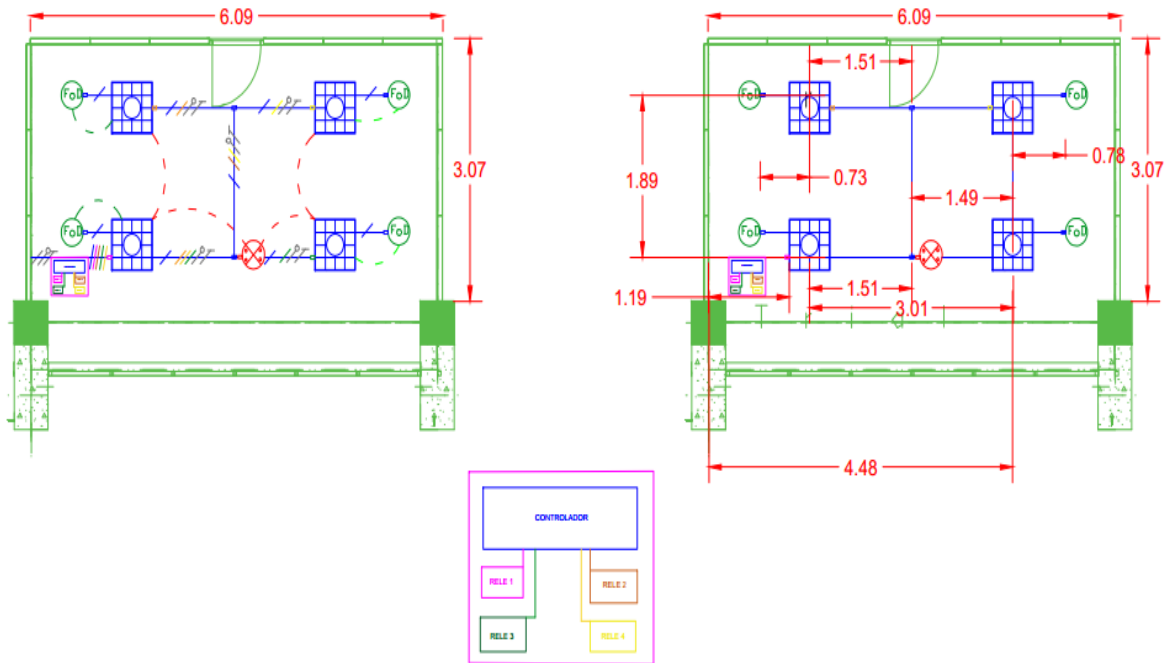
**Figura A.5(a) Control por presencia y fotocelda On/Off sala de reuniones**



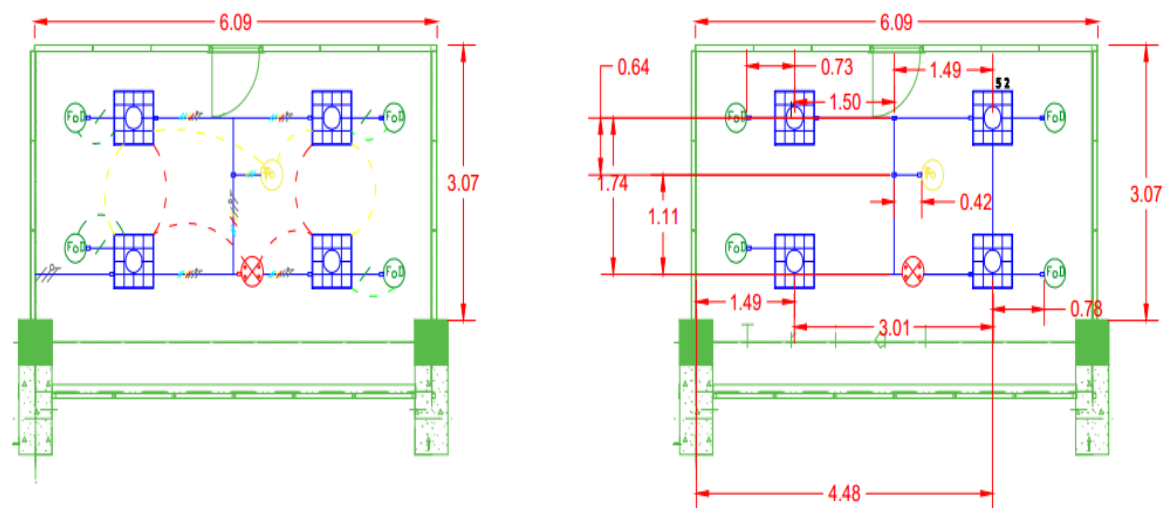
**Figura A.5 (b) Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off sala de reuniones**



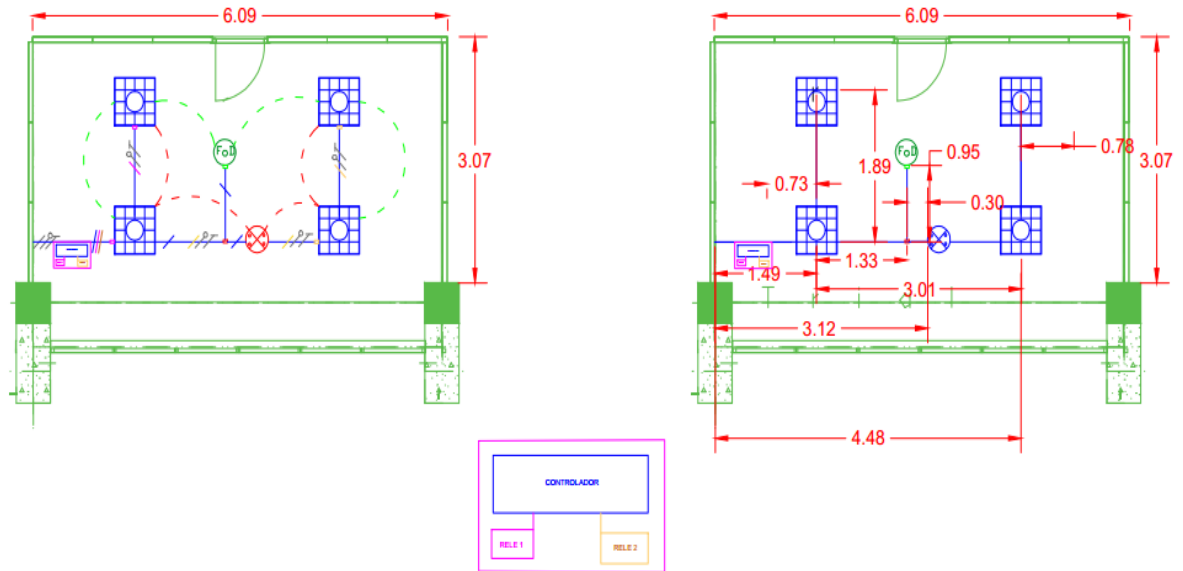
**Figura A.5(c) Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador sala de reuniones**



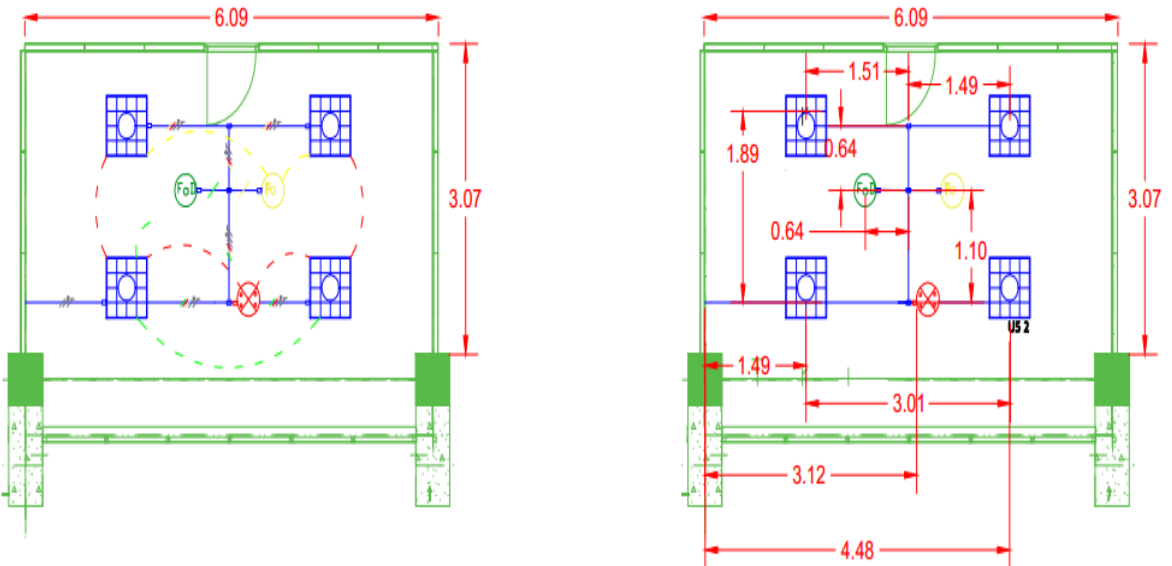
**Figura A.5 (d) Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off. Sala de reuniones**



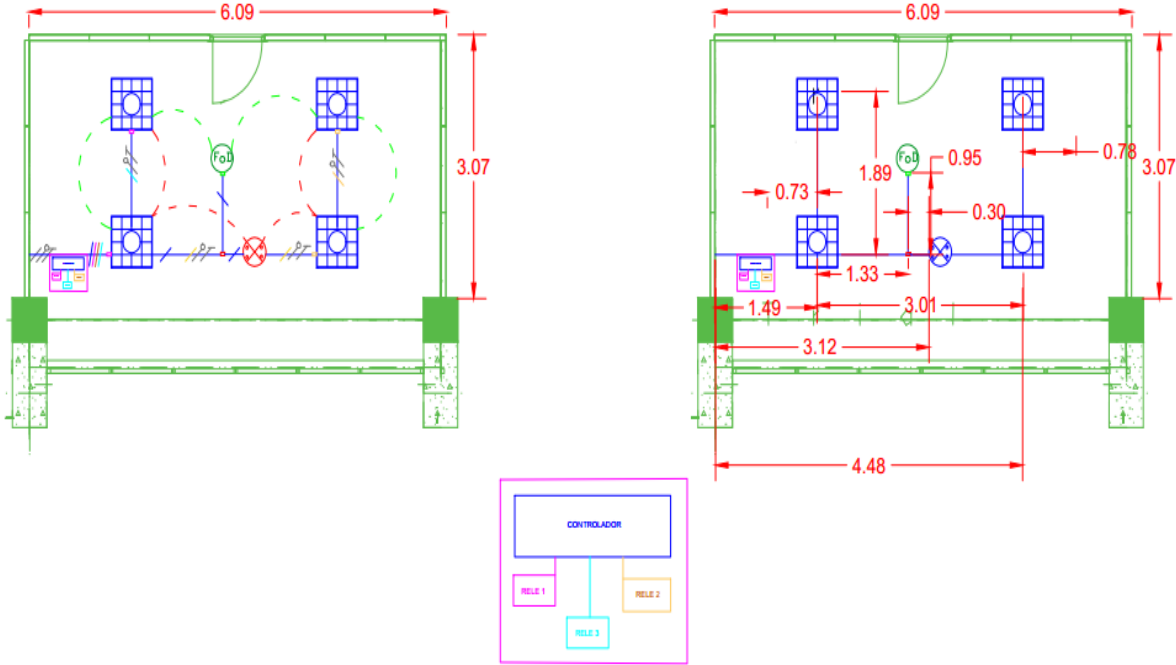
**Figura A.5 (e) Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador.  
Sala de reuniones**



**Figura A.5 (f) Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off.  
Sala de reuniones**



**Figura A5 (g) Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador.**  
**Sala de reuniones**



## **ANEXO B. Tablas del Análisis de precios unitarios para las estrategias de automatización de las áreas del Edificio de Ingeniería Eléctrica**

Para el análisis de precios unitarios se realizó la descripción de los materiales de obra, transporte de materiales, mano de obra y costos indirectos (AIU). En este anexo se presentan los análisis de cada uno de las estrategias en cada una de las áreas.

**TABLA B** se presentan los resultados de los precios unitarios del área del salón 205 teniendo en cuenta la ductería y el cableado de la instalación existente.

**TABLA B1 (a) Control por presencia y fotocelda On/Off salón 205**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	Estrategia 1-205	Instalacion electrica de iluminacion	UNIDAD	un	
<b>1. EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Tarifa/hora	Rendimiento	valor parcial	
Herramienta menor	gl	\$2.500	6	15.000	
				subtotal	\$15.000
<b>2. MATERIALES DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad	valor parcial	
lampáras	lamparas	\$150.000	6	\$900.000	
sensor de presencia	sensores	\$65.000	1	\$65.000	
fotocelda On/ Off	fotocelda	\$55.000	1	\$55.000	
power pack	power pack	\$35.000	2	\$70.000	
caja metalica rectangular de 10*10	caja	\$12.000	8	\$96.000	
cable #12 Cu AWG	metros	\$1.300	68	\$88.400	
tubo EMT (electrical metallic tubing)	metros	\$15.000	15	\$225.000	
				subtotal	\$1.499.400
<b>3. ACCESORIOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad	valor parcial	
Accesorios	gl	\$10.000	0,5	\$5.000	
				subtotal	\$5.000
<b>4. TRANSPORTE DE MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	Rendimiento	valor parcial	
Transporte	glb	\$2.000	2,95	\$5.900	
				subtotal	\$5.900
<b>5. MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	JORNADA	% Prestacion	ornada Tolta	Rendimiento	valor parcial
Cuadrilla	53200	\$86.800	\$140.000	0,2	\$28.000
				subtotal	\$28.000
<b>TOTAL COSNTOS DIRECTOS</b>					\$1.553.300
<b>6. COSTOS INDIRECTOS</b>					
DESCRIPCION	%			valor parcial	
Administracion	15			\$232.995	
Imprevistos	6			\$93.198	
Utilidad	2			\$31.066	
				subtotal	\$357.259
<b>PRECIO TOTAL (COP aproximado)</b>					<b>\$1.910.559</b>

**TABLA B1 (b) Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off salón 205**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
ITEM	Estrategia 2 -205	Instalacion electrica de iluminacion	UNIDAD		un	
<b>1. EQUIPOS</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	Tarifa/hora	Rendimiento		valor parcial	
Herramienta menor	gl	\$2.500	6		\$15.000	
				subtotal	\$15.000	
<b>2. MATERIALES DE OBRA</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial	
lampáras	lamparas	150.000	6		\$900.000	
sensor de presencia	sensores	65.000	1		\$65.000	
fotocelda On/ Off	fotocelda	55.000	1		\$55.000	
fotocelda dimerizable	fotocelda	70.000	1		\$70.000	
power pack	power pack	35.000	2		\$70.000	
caja metalica rectangular de 10*10	caja	12.000	9		\$108.000	
cable #12 Cu AWG	metros	1.300	77		\$100.100	
tubo EMT (electrical metallic tubing)	metros	15.000	17		\$255.000	
				subtotal	\$1.623.100	
<b>3. ACCESORIOS</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial	
Accesorios	gl	\$10.000	0,5		\$5.000	
				subtotal	\$5.000	
<b>4. TRANSPORTE DE MATERIALES</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	Rendimiento		valor parcial	
Transporte	glb	\$2.000	2,95		\$5.900	
				subtotal	\$5.900	
<b>5. MANO DE OBRA</b>						
DESCRIPCION	JORNADA	% Prestacion	Jornada Toltal	Rendimiento	valor parcial	
Cuadrilla	53200	\$86.800	\$140.000	0,2	\$28.000	
				subtotal	\$28.000	
					<b>TOTAL COSNTOS DIRECTOS</b>	\$1.677.000
<b>6. COSTOS INDIRECTOS</b>						
DESCRIPCION	%				valor parcial	
Administracion	15				\$251.550	
Imprevistos	6				\$100.620	
Utilidad	2				\$33.540	
				subtotal	\$385.710	
					<b>PRECIO TOTAL (COP aproximado)</b>	<b>\$2.062.710</b>

**TABLA B1 (c) Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador del salón 205**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	Estrategia 3 -205	Instalacion electrica de iluminacion	UNIDAD	un	
<b>1. EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Tarifa/hora	Rendimiento	valor parcial	
Herramienta menor	gl	\$2.500	6	\$15.000	
				subtotal	\$15.000
<b>2. MATERIALES DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad	valor parcial	
lampáras	lamparas	150.000	6	\$900.000	
sensor de presencia	sensores	65.000	1	\$65.000	
DALI Gateway 141/ 31	controlador	750.000	1	\$750.000	
Lovato BG 12 10	reles	60.000	6	\$360.000	
fotocelda dimerizable	fotocelda	70.000	6	\$420.000	
power pack	power pack	35.000	2	\$70.000	
caja metalica rectangular de 10*10	caja	12.000	8	\$96.000	
cable #12 Cu AWG	metros	1.300	25	\$32.500	
cable #14 Cu AWG	metros	1.200	65	\$78.000	
tubo EMT (electrical metallic tubi	metros	15.000	19	\$285.000	
				subtotal	\$3.056.500
<b>3. ACCESORIOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad	valor parcial	
Accesorios	gl	\$10.000	0,5	\$5.000	
				subtotal	\$5.000
<b>4. TRANSPORTE DE MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	Rendimiento	valor parcial	
Transporte	glb	\$2.000	2,95	\$5.900	
				subtotal	\$5.900
<b>5. MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	JORNADA	% Prestacion	ornada Tolta	Rendimiento	valor parcial
Cuadrilla	53200	\$86.800	\$140.000	0,2	\$28.000
				subtotal	\$28.000
<b>TOTAL COSNTOS DIRECTOS</b>					\$3.110.400
<b>6. COSTOS INDIRECTOS</b>					
DESCRIPCION	%				valor parcial
Administracion	15				\$466.560
Imprevistos	6				\$186.624
Utilidad	2				\$62.208
				subtotal	\$715.392
<b>PRECIO TOTAL (COP aproximado)</b>					\$3.825.792

**TABLA B1 (d) Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off salón 205**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	Estrategia 4 -205	Instalacion electrica de iluminacion	UNIDAD	un	
<b>1. EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Tarifa/hora	Rendimiento		valor parcial
Herramienta menor	gl	\$2.500	6		\$15.000
				subtotal	\$15.000
<b>2. MATERIALES DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
lampáras	lamparas	150.000	6		\$900.000
sensor de presencia	sensores	65.000	1		\$65.000
fotocelda On/ Off	fotocelda	55.000	1		\$55.000
fotocelda dimerizable	fotocelda	70.000	6		\$420.000
power pack	power pack	35.000	2		\$70.000
caja metalica rectangular de 10*10	caja	12.000	8		\$96.000
cable #12 Cu AWG	metros	1.300	164		\$213.200
tubo EMT (electrical metallic tubin	metros	15.000	19		\$285.000
				subtotal	\$2.104.200
<b>3. ACCESORIOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
Accesorios	gl	\$10.000	0,5		\$5.000
				subtotal	\$5.000
<b>4. TRANSPORTE DE MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	Rendimiento		valor parcial
Transporte	glb	\$2.000	2,95		\$5.900
				subtotal	\$5.900
<b>5. MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	JORNADA	% Prestacion	Jornada Total	Rendimiento	valor parcial
Cuadrilla	53200	\$86.800	\$140.000	0,2	\$28.000
				subtotal	\$28.000
<b>TOTAL COSNTOS DIRECTOS</b>					\$2.158.100
<b>6. COSTOS INDIRECTOS</b>					
DESCRIPCION	%				valor parcial
Administracion	15				\$323.715
Imprevistos	6				\$129.486
Utilidad	2				\$43.162
				subtotal	\$496.363
<b>PRECIO TOTAL (COP aproximado)</b>					<b>\$2.654.463</b>

**TABLA B1 (e) Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador salón 205**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS						
ITEM	Estrategia 5 -205	Instalacion electrica de iluminacion	UNIDAD	un		
<b>1. EQUIPOS</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	Tarifa/hora	Rendimiento		valor parcial	
Herramienta menor	gl	\$2.500	6		\$15.000	
				subtotal	\$15.000	
<b>2. MATERIALES DE OBRA</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial	
lampáras	lamparas	150.000	6		\$900.000	
sensor de presencia	sensores	65.000	1		\$65.000	
fococelda dimerizable	fococelda	70.000	1		\$70.000	
DALI Gateway 141/ 31	controlador	750.000	1		\$750.000	
Lovato BG 12 10	reles	60.000	2		\$120.000	
power pack	power pack	35.000	2		\$70.000	
caja metalica rectangular de	caja	12.000	8		\$96.000	
cable #12 Cu AWG	metros	1.300	25		\$32.500	
cable #14 Cu AWG	metros	1.200	70		\$84.000	
tubo EMT (electrical metalli	metros	15.000	16		\$240.000	
				subtotal	\$2.427.500	
<b>3. ACCESORIOS</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial	
Accesorios	gl	\$10.000	0,5		\$5.000	
				subtotal	\$5.000	
<b>4. TRANSPORTE DE MATERIALES</b>						
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	Rendimiento		valor parcial	
Transporte	glb	\$2.000	2,95		\$5.900	
				subtotal	\$5.900	
<b>5. MANO DE OBRA</b>						
DESCRIPCION	JORNADA	% Prestacion	Jornada Toltal	Rendimiento	valor parcial	
Cuadrilla	53200	\$86.800	\$140.000	0,2	\$28.000	
				subtotal	\$28.000	
					<b>TOTAL COSNTOS DIRECTOS</b>	\$2.481.400
<b>6. COSTOS INDIRECTOS</b>						
DESCRIPCION	%				valor parcial	
Administracion	15				\$372.210	
Imprevistos	6				\$148.884	
Utilidad	2				\$49.628	
				subtotal	\$570.722	
					<b>PRECIO TOTAL (COP aproximado)</b>	<b>\$3.052.122</b>

**TABLA B1 (f) Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off salón 205**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	Estrategia 6 -205	Instalacion electrica de iluminacion	UNIDAD		un
<b>1. EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Tarifa/hora	Rendimiento		valor parcial
Herramienta menor	gl	\$2.500	6		\$15.000
				subtotal	\$15.000
<b>2. MATERIALES DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
lampáras	lamparas	150.000	6		\$900.000
sensor de presencia	sensores	65.000	1		\$65.000
fotocelda On/ Off	fotocelda	55.000	1		\$55.000
fotocelda dimerizable	fotocelda	70.000	1		\$70.000
power pack	power pack	35.000	2		\$70.000
caja metalica rectangular	caja	12.000	8		\$96.000
cable #12 Cu AWG	metros	1.300	64		\$83.200
tubo EMT (electrical metal)	metros	15.000	14		\$210.000
				subtotal	\$1.549.200
<b>3. ACCESORIOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
Accesorios	gl	\$10.000	0,5		\$5.000
				subtotal	\$5.000
<b>4. TRANSPORTE DE MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	Rendimiento		valor parcial
Transporte	glb	\$2.000	2,95		\$5.900
				subtotal	\$5.900
<b>5. MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	JORNADA	% Prestacion	Jornada ToItal	Rendimiento	valor parcial
Cuadrilla	53200	\$86.800	\$140.000	0,2	\$28.000
				subtotal	\$28.000
<b>TOTAL COSNTOS DIRECTOS</b>					<b>\$1.603.100</b>
<b>6. COSTOS INDIRECTOS</b>					
DESCRIPCION	%				valor parcial
Administracion	15				\$240.465
Imprevistos	6				\$96.186
Utilidad	2				\$32.062
				subtotal	\$368.713
<b>PRECIO TOTAL (COP aproximado)</b>					<b>\$1.971.813</b>

**TABLA B1 (g) Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador salón 205**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	Estrategia 7 - 205	Instalacion electrica de iluminacion	UNIDAD	un	
<b>1. EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Tarifa/hora	Rendimiento		valor parcial
Herramienta menor	gl	\$2.500	6		\$15.000
				subtotal	\$15.000
<b>2. MATERIALES DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
lampáras	lamparas	150.000	6		\$900.000
sensor de presencia	sensores	65.000	1		\$65.000
fotocelda dimerizable	fotocelda	70.000	1		\$70.000
DALI Gateway 141/ 31	controlador	750.000	1		\$750.000
Lovato BG 12 10	reles	60.000	3		\$180.000
power pack	power pack	35.000	2		\$70.000
caja metalica rectangular de 10	caja	12.000	9		\$108.000
cable #12 Cu AWG	metros	1.300	24		\$31.200
cable #14 Cu AWG	metros	1.200	28		\$33.600
tubo EMT (electrical metallic	metros	15.000	14		\$210.000
				subtotal	\$2.417.800
<b>3. ACCESORIOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
Accesorios	gl	\$10.000	0,5		\$5.000
				subtotal	\$5.000
<b>4. TRANSPORTE DE MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	Rendimiento		valor parcial
Transporte	glb	\$2.000	2,95		\$5.900
				subtotal	\$5.900
<b>5. MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	JORNADA	% Prestacion	Jornada ToItal	Rendimiento	valor parcial
Cuadrilla	53200	\$86.800	\$140.000	0,2	\$28.000
				subtotal	\$28.000
<b>TOTAL COSNTOS DIRECTOS</b>					\$2.471.700
<b>6. COSTOS INDIRECTOS</b>					
DESCRIPCION	%				valor parcial
Administracion	15				\$370.755
Imprevistos	6				\$148.302
Utilidad	2				\$49.434
				subtotal	\$568.491
<b>PRECIO TOTAL (COP aproximado)</b>					\$3.040.191



**TABLA B2 (b) Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off salón 205**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	Estrategia 2 -205-0	Instalacion electrica de iluminacion	UNIDAD		un
<b>1. EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Tarifa/hora	Rendimiento		valor parcial
Herramienta menor	gl	\$2.500	6		\$15.000
				subtotal	\$15.000
<b>2. MATERIALES DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
lampáras	lamparas	150.000	6		\$900.000
sensor de presencia	sensores	65.000	1		\$65.000
fococelda On/ Off	fococelda	55.000	1		\$55.000
fococelda dimerizable	fococelda	70.000	1		\$70.000
power pack	power pack	35.000	2		\$70.000
caja metalica rectangular de 10*10	caja	12.000	11		\$132.000
cable #12 Cu AWG	metros	1.300	73		\$94.900
tubo EMT (electrical metallic tubing)	metros	15.000	14		\$210.000
				subtotal	\$1.596.900
<b>3. ACCESORIOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
Accesorios	gl	\$10.000	0,5		\$5.000
				subtotal	\$5.000
<b>4. TRANSPORTE DE MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	Rendimiento		valor parcial
Transporte	glb	\$2.000	2,95		\$5.900
				subtotal	\$5.900
<b>5. MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	JORNADA	% Prestacion	Jornada Toltal	Rendimiento	valor parcial
Cuadrilla	53200	\$86.800	\$140.000	0,2	\$28.000
				subtotal	\$28.000
<b>TOTAL COSNTOS DIRECTOS</b>					\$1.650.800
<b>6. COSTOS INDIRECTOS</b>					
DESCRIPCION	%				valor parcial
Administracion	15				\$247.620
Imprevistos	6				\$99.048
Utilidad	2				\$33.016
				subtotal	\$379.684
<b>PRECIO TOTAL (COP aproximado)</b>					<b>\$2.030.484</b>

**TABLA B2 (c) Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador del salón 205**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	Estrategia 3 -205-0	Instalacion electrica de iluminacion	UNIDAD	un	
<b>1. EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Tarifa/hora	Rendimiento		valor parcial
Herramienta menor	gl	\$2.500	8		\$20.000
				subtotal	\$20.000
<b>2. MATERIALES DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
lampáras	lamparas	150.000	6		\$900.000
sensor de presencia	sensores	65.000	1		\$65.000
DALI Gateway 141/ 31	controlador	750.000	1		\$750.000
Lovato BG 12 10	reles	60.000	6		\$360.000
fotocelda dimerizable	fotocelda	70.000	6		\$420.000
power pack	power pack	35.000	2		\$70.000
caja metalica rectangular de 10*10	caja	12.000	10		\$120.000
cable #12 Cu AWG	metros	1.300	25		\$32.500
cable #14 Cu AWG	metros	1.200	65		\$78.000
tubo EMT (electrical metallic tubi	metros	15.000	19		\$285.000
				subtotal	\$3.080.500
<b>3. ACCESORIOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
Accesorios	gl	\$10.000	0,5		\$5.000
				subtotal	\$5.000
<b>4. TRANSPORTE DE MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	Rendimiento		valor parcial
Transporte	glb	\$2.000	2,95		\$5.900
				subtotal	\$5.900
<b>5. MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	JORNADA	% Prestacion	ornada Tolta	Rendimiento	valor parcial
Cuadrilla	53200	\$86.800	\$140.000	0,2	\$28.000
				subtotal	\$28.000
<b>TOTAL COSNTOS DIRECTOS</b>					\$3.139.400
<b>6. COSTOS INDIRECTOS</b>					
DESCRIPCION	%				valor parcial
Administracion	15				\$470.910
Imprevistos	6				\$188.364
Utilidad	2				\$62.788
				subtotal	\$722.062
<b>PRECIO TOTAL (COP aproximado)</b>					\$3.861.462

**TABLA B2 (d) Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off salón 205**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	Estrategia 4 -205-0	Instalacion electrica de iluminacion	UNIDAD	un	
<b>1. EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Tarifa/hora	Rendimiento	valor parcial	
Herramienta menor	gl	\$2.500	8		\$20.000
				subtotal	\$20.000
<b>2. MATERIALES DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad	valor parcial	
lampáras	lamparas	150.000	6	\$900.000	
sensor de presencia	sensores	65.000	1	\$65.000	
fococelda On/ Off	fococelda	55.000	1	\$55.000	
fococelda dimerizable	fococelda	70.000	6	\$420.000	
power pack	power pack	35.000	2	\$70.000	
caja metalica rectangular de 10*10	caja	12.000	12	\$144.000	
cable #12 Cu AWG	metros	1.300	161	\$209.300	
tubo EMT (electrical metallic tubin	metros	15.000	19	\$285.000	
				subtotal	\$2.148.300
<b>3. ACCESORIOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad	valor parcial	
Accesorios	gl	\$10.000	0,5	\$5.000	
				subtotal	\$5.000
<b>4. TRANSPORTE DE MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	Rendimiento	valor parcial	
Transporte	glb	\$2.000	2,95	\$5.900	
				subtotal	\$5.900
<b>5. MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	JORNADA	% Prestacion	ornada Tolta	Rendimiento	valor parcial
Cuadrilla	53200	\$86.800	\$140.000	0,2	\$28.000
				subtotal	\$28.000
<b>TOTAL COSNTOS DIRECTOS</b>					\$2.207.200
<b>6. COSTOS INDIRECTOS</b>					
DESCRIPCION	%			valor parcial	
Administracion	15			\$331.080	
Imprevistos	6			\$132.432	
Utilidad	2			\$44.144	
				subtotal	\$507.656
<b>PRECIO TOTAL (COP aproximado)</b>					<b>\$2.714.856</b>

**TABLA B2 (e) Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador salón 205**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	Estrategia 5 -205-0	Instalacion electrica de iluminacion	UNIDAD	un	
<b>1. EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Tarifa/hora	Rendimiento		valor parcial
Herramienta menor	gl	\$2.500	8		\$20.000
				subtotal	\$20.000
<b>2. MATERIALES DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
lampáras	lamparas	150.000	6		\$900.000
sensor de presencia	sensores	65.000	1		\$65.000
fotocelda dimerizable	fotocelda	70.000	1		\$70.000
DALI Gateway 141/ 31	controlador	750.000	1		\$750.000
Lovato BG 12 10	reles	60.000	2		\$120.000
power pack	power pack	35.000	1		\$35.000
caja metalica rectangular de	caja	12.000	8		\$96.000
cable #12 Cu AWG	metros	1.300	25		\$32.500
cable #14 Cu AWG	metros	1.200	70		\$84.000
tubo EMT (electrical metalli	metros	15.000	16		\$240.000
				subtotal	\$2.392.500
<b>3. ACCESORIOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
Accesorios	gl	\$10.000	0,5		\$5.000
				subtotal	\$5.000
<b>4. TRANSPORTE DE MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	Rendimiento		valor parcial
Transporte	glb	\$2.000	2,95		\$5.900
				subtotal	\$5.900
<b>5. MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	JORNADA	% Prestacion	Jornada Toltal	Rendimiento	valor parcial
Cuadrilla	53200	\$86.800	\$140.000	0,2	\$28.000
				subtotal	\$28.000
<b>TOTAL COSNTOS DIRECTOS</b>					\$2.451.400
<b>6. COSTOS INDIRECTOS</b>					
DESCRIPCION	%				valor parcial
Administracion	15				\$367.710
Imprevistos	6				\$147.084
Utilidad	2				\$49.028
				subtotal	\$563.822
<b>PRECIO TOTAL (COP aproximado)</b>					<b>\$3.015.222</b>

**TABLA B2 (f) Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off salón 205**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	Estrategia 6 -205-	Instalacion electrica de iluminacion	UNIDAD	un	
<b>1. EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Tarifa/hora	Rendimiento		valor parcial
Herramienta menor	gl	\$2.500	8		\$20.000
				subtotal	\$20.000
<b>2. MATERIALES DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
lampáras	lamparas	150.000	6		\$900.000
sensor de presencia	sensores	65.000	1		\$65.000
fotocelda On/ Off	fotocelda	55.000	1		\$55.000
fotocelda dimerizable	fotocelda	70.000	1		\$70.000
power pack	power pack	35.000	2		\$70.000
caja metalica rectangular	caja	12.000	13		\$156.000
cable #12 Cu AWG	metros	1.300	55		\$71.500
tubo EMT (electrical metal)	metros	15.000	13		\$195.000
				subtotal	\$1.582.500
<b>3. ACCESORIOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
Accesorios	gl	\$10.000	0,5		\$5.000
				subtotal	\$5.000
<b>4. TRANSPORTE DE MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	Rendimiento		valor parcial
Transporte	glb	\$2.000	2,95		\$5.900
				subtotal	\$5.900
<b>5. MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	JORNADA	% Prestacion	Jornada ToItal	Rendimiento	valor parcial
Cuadrilla	53200	\$86.800	\$140.000	0,2	\$28.000
				subtotal	\$28.000
<b>TOTAL COSNTOS DIRECTOS</b>					<b>\$1.641.400</b>
<b>6. COSTOS INDIRECTOS</b>					
DESCRIPCION	%				valor parcial
Administracion	15				\$246.210
Imprevistos	6				\$98.484
Utilidad	2				\$32.828
				subtotal	\$377.522
<b>PRECIO TOTAL (COP aproximado)</b>					<b>\$2.018.922</b>

**TABLA B2 (g) Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador salón 205**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	Estrategia 7 - 205-0	Instalacion electrica de iluminacion	UNIDAD	un	
<b>1. EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Tarifa/hora	Rendimiento		valor parcial
Herramienta menor	gl	\$2.500	8		\$20.000
				subtotal	\$20.000
<b>2. MATERIALES DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
lampáras	lamparas	150.000	6		\$900.000
sensor de presencia	sensores	65.000	1		\$65.000
fotocelda dimerizable	fotocelda	70.000	1		\$70.000
DALI Gateway 141/ 31	controlador	750.000	1		\$750.000
Lovato BG 12 10	reles	60.000	3		\$180.000
power pack	power pack	35.000	2		\$70.000
caja metalica rectangular de 10	caja	12.000	8		\$96.000
cable #12 Cu AWG	metros	1.300	24		\$31.200
cable #14 Cu AWG	metros	1.200	28		\$33.600
tubo EMT (electrical metallic)	metros	15.000	14		\$210.000
				subtotal	\$2.405.800
<b>3. ACCESORIOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
Accesorios	gl	\$10.000	0,5		\$5.000
				subtotal	\$5.000
<b>4. TRANSPORTE DE MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	Rendimiento		valor parcial
Transporte	glb	\$2.000	2,95		\$5.900
				subtotal	\$5.900
<b>5. MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	JORNADA	% Prestacion	Jornada ToItal	Rendimiento	valor parcial
Cuadrilla	53200	\$86.800	\$140.000	0,2	\$28.000
				subtotal	\$28.000
<b>TOTAL COSNTOS DIRECTOS</b>					\$2.464.700
<b>6. COSTOS INDIRECTOS</b>					
DESCRIPCION	%				valor parcial
Administracion	15				\$369.705
Imprevistos	6				\$147.882
Utilidad	2				\$49.294
				subtotal	\$566.881
<b>PRECIO TOTAL (COP aproximado)</b>					<b>\$3.031.581</b>





**TABLA B3 (c) Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador del salón 204**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	Estrategia 3 -204	Instalacion electrica de iluminacion	UNIDAD	un	
<b>1. EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Tarifa/hora	Rendimiento		valor parcial
Herramienta menor	gl	\$2.500	6		\$15.000
				subtotal	\$15.000
<b>2. MATERIALES DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
lampáras	lamparas	150.000	9		\$1.350.000
sensor de presencia	sensores	65.000	1		\$65.000
Leviton SBP00M SECTOR BU	controlador	750.000	1		\$750.000
Sector relay (SBSCO-L00 120	reles	60.000	9		\$540.000
fotocelda dimerizable	fotocelda	70.000	9		\$630.000
power pack	power pack	35.000	2		\$70.000
caja metalica rectangular de	caja	12.000	14		\$168.000
cable #12 Cu AWG	metros	1.300	41		\$53.300
cable #14 Cu AWG	metros	1.200	98		\$117.600
tubo EMT (electrical metal	metros	15.000	28		\$420.000
				subtotal	\$4.163.900
<b>3. ACCESORIOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
Accesorios	gl	\$10.000	0,5		\$5.000
				subtotal	\$5.000
<b>4. TRANSPORTE DE MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	Rendimiento		valor parcial
Transporte	glb	\$2.000	2,95		\$5.900
				subtotal	\$5.900
<b>5. MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	JORNADA	% Prestacion	ornada Tolta	Rendimiento	valor parcial
Cuadrilla	53200	\$86.800	\$140.000	0,2	\$28.000
				subtotal	\$28.000
<b>TOTAL COSNTOS DIRECTOS</b>					\$4.217.800
<b>6. COSTOS INDIRECTOS</b>					
DESCRIPCION	%				valor parcial
Administracion	15				\$632.670
Imprevistos	6				\$253.068
Utilidad	2				\$84.356
				subtotal	\$970.094
<b>PRECIO TOTAL (COP aproximado)</b>					<b>\$5.187.894</b>

**TABLA B3 (d) Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off salón 204**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	Estrategia 4 -204	Instalacion electrica de iluminacion	UNIDAD	un	
<b>1. EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Tarifa/hora	Rendimiento		valor parcial
Herramienta menor	gl	\$2.500	6		\$15.000
				subtotal	\$15.000
<b>2. MATERIALES DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
lampáras	lamparas	150.000	9		\$1.350.000
sensor de presencia	sensores	65.000	1		\$65.000
fococelda On/ Off	fococelda	55.000	1		\$55.000
fococelda dimerizable	fococelda	70.000	9		\$630.000
power pack	power pack	35.000	2		\$70.000
caja metalica rectangular de 10*10	caja	12.000	11		\$132.000
cable #12 Cu AWG	metros	1.300	233		\$302.900
tubo EMT (electrical metallic tubin	metros	15.000	28		\$420.000
				subtotal	\$3.024.900
<b>3. ACCESORIOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
Accesorios	gl	\$10.000	0,5		\$5.000
				subtotal	\$5.000
<b>4. TRANSPORTE DE MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	Rendimiento		valor parcial
Transporte	glb	\$2.000	2,95		\$5.900
				subtotal	\$5.900
<b>5. MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	JORNADA	% Prestacion	ornada Tolta	Rendimiento	valor parcial
Cuadrilla	53200	\$86.800	\$140.000	0,2	\$28.000
				subtotal	\$28.000
<b>TOTAL COSNTOS DIRECTOS</b>					<b>\$3.078.800</b>
<b>6. COSTOS INDIRECTOS</b>					
DESCRIPCION	%				valor parcial
Administracion	15				\$461.820
Imprevistos	6				\$184.728
Utilidad	2				\$61.576
				subtotal	\$708.124
<b>PRECIO TOTAL (COP aproximado)</b>					<b>\$3.786.924</b>

**TABLA B3 (e) Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador salón 204**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	Estrategia 5 -204	Instalacion electrica de iluminacion	UNIDAD	un	
<b>1. EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Tarifa/hora	Rendimiento		valor parcial
Herramienta menor	gl	\$2.500	6		\$15.000
				subtotal	\$15.000
<b>2. MATERIALES DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
lampáras	lamparas	150.000	9		\$1.350.000
sensor de presencia	sensores	65.000	1		\$65.000
fotocelda dimerizable	fotocelda	70.000	1		\$70.000
Leviton SBP00M SECTOR BUS	controlador	750.000	1		\$750.000
Sector relay (SBCSO-L00 120-	reles	60.000	2		\$120.000
power pack	power pack	35.000	2		\$70.000
caja metalica rectangular de	caja	12.000	11		\$132.000
cable #12 Cu AWG	metros	1.300	38		\$49.400
cable #14 Cu AWG	metros	1.200	66		\$79.200
tubo EMT (electrical metalli	metros	15.000	22		\$330.000
				subtotal	\$3.015.600
<b>3. ACCESORIOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
Accesorios	gl	\$10.000	0,5		\$5.000
				subtotal	\$5.000
<b>4. TRANSPORTE DE MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	Rendimiento		valor parcial
Transporte	glb	\$2.000	2,95		\$5.900
				subtotal	\$5.900
<b>5. MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	JORNADA	% Prestacion	Jornada Toltal	Rendimiento	valor parcial
Cuadrilla	53200	\$86.800	\$140.000	0,2	\$28.000
				subtotal	\$28.000
<b>TOTAL COSNTOS DIRECTOS</b>					<b>\$3.069.500</b>
<b>6. COSTOS INDIRECTOS</b>					
DESCRIPCION	%				valor parcial
Administracion	15				\$460.425
Imprevistos	6				\$184.170
Utilidad	2				\$61.390
				subtotal	\$705.985
<b>PRECIO TOTAL (COP aproximado)</b>					<b>\$3.775.485</b>

**TABLA B3 (f) Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off salón 204**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	Estrategia 6 -204	Instalacion electrica de iluminacion	UNIDAD	un	
<b>1. EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Tarifa/hora	Rendimiento		valor parcial
Herramienta menor	gl	\$2.500	6		\$15.000
				subtotal	\$15.000
<b>2. MATERIALES DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
lampáras	lamparas	150.000	9		\$1.350.000
sensor de presencia	sensores	65.000	1		\$65.000
fotocelda On/ Off	fotocelda	55.000	1		\$55.000
fotocelda dimerizable	fotocelda	70.000	1		\$70.000
power pack	power pack	35.000	2		\$70.000
caja metalica rectangular	caja	12.000	11		\$132.000
cable #12 Cu AWG	metros	1.300	102		\$132.600
tubo EMT (electrical met)	metros	15.000	22		\$330.000
				subtotal	\$2.204.600
<b>3. ACCESORIOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
Accesorios	gl	\$10.000	0,5		\$5.000
				subtotal	\$5.000
<b>4. TRANSPORTE DE MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	Rendimiento		valor parcial
Transporte	glb	\$2.000	2,95		\$5.900
				subtotal	\$5.900
<b>5. MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	JORNADA	% Prestacion	Jornada ToItal	Rendimiento	valor parcial
Cuadrilla	53200	\$86.800	\$140.000	0,2	\$28.000
				subtotal	\$28.000
<b>TOTAL COSNTOS DIRECTOS</b>					<b>\$2.258.500</b>
<b>6. COSTOS INDIRECTOS</b>					
DESCRIPCION	%				valor parcial
Administracion	15				\$338.775
Imprevistos	6				\$135.510
Utilidad	2				\$45.170
				subtotal	\$519.455
<b>PRECIO TOTAL (COP aproximado)</b>					<b>\$2.777.955</b>

**TABLA B3 (g) Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador salón 204**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	Estrategia 7 - 204	Instalacion electrica de iluminacion	UNIDAD	un	
<b>1. EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Tarifa/hora	Rendimiento		valor parcial
Herramienta menor	gl	\$2.500	6		\$15.000
				subtotal	\$15.000
<b>2. MATERIALES DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
lampáras	lamparas	150.000	9		\$1.350.000
sensor de presencia	sensores	65.000	1		\$65.000
fotocelda dimerizable	fotocelda	70.000	1		\$70.000
Leviton SBP00M SECTOR BUS	controlador	750.000	1		\$750.000
Sector relay (SBCS0-L00 120- 34	reles	60.000	3		\$180.000
power pack	power pack	35.000	2		\$70.000
caja metalica rectangular de 10	caja	12.000	11		\$132.000
cable #12 Cu AWG	metros	1.300	44		\$57.200
cable #14 Cu AWG	metros	1.200	33		\$39.600
tubo EMT (electrical metallic	metros	15.000	22		\$330.000
				subtotal	\$3.043.800
<b>3. ACCESORIOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
Accesorios	gl	\$10.000	0,5		\$5.000
				subtotal	\$5.000
<b>4. TRANSPORTE DE MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	Rendimiento		valor parcial
Transporte	glb	\$2.000	2,95		\$5.900
				subtotal	\$5.900
<b>5. MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	JORNADA	% Prestacion	Jornada Toltal	Rendimiento	valor parcial
Cuadrilla	53200	\$86.800	\$140.000	0,2	\$28.000
				subtotal	\$28.000
<b>TOTAL COSNTOS DIRECTOS</b>					\$3.097.700
<b>6. COSTOS INDIRECTOS</b>					
DESCRIPCION	%				valor parcial
Administracion	15				\$464.655
Imprevistos	6				\$185.862
Utilidad	2				\$61.954
				subtotal	\$712.471
<b>PRECIO TOTAL (COP aproximado)</b>					\$3.810.171



**TABLA B4 (b) Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off salón 204**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	Estrategia 2 -204-0	Instalacion electrica de iluminacion	UNIDAD		un
<b>1. EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Tarifa/hora	Rendimiento		valor parcial
Herramienta menor	gl	\$2.500	10		\$25.000
				subtotal	\$25.000
<b>2. MATERIALES DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
lampáras	lamparas	150.000	9		\$1.350.000
sensor de presencia	sensores	65.000	1		\$65.000
fotocelda On/ Off	fotocelda	55.000	1		\$55.000
fotocelda dimerizable	fotocelda	70.000	1		\$70.000
power pack	power pack	35.000	2		\$70.000
caja metalica rectangular de 10*10	caja	12.000	13		\$156.000
cable #12 Cu AWG	metros	1.300	111		\$144.300
tubo EMT (electrical metallic tubing)	metros	15.000	20		\$300.000
				subtotal	\$2.210.300
<b>3. ACCESORIOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
Accesorios	gl	\$10.000	0,5		\$5.000
				subtotal	\$5.000
<b>4. TRANSPORTE DE MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	Rendimiento		valor parcial
Transporte	glb	\$2.000	2,95		\$5.900
				subtotal	\$5.900
<b>5. MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	JORNADA	% Prestacion	Jornada Toltal	Rendimiento	valor parcial
Cuadrilla	53200	\$86.800	\$140.000	0,2	\$28.000
				subtotal	\$28.000
<b>TOTAL COSNTOS DIRECTOS</b>					\$2.274.200
<b>6. COSTOS INDIRECTOS</b>					
DESCRIPCION	%				valor parcial
Administracion	15				\$341.130
Imprevistos	6				\$136.452
Utilidad	2				\$45.484
				subtotal	\$523.066
<b>PRECIO TOTAL (COP aproximado)</b>					<b>\$2.797.266</b>

**TABLA B4 (c) Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador del salón 204**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	Estrategia 3 -204-0	Instalacion electrica de iluminacion	UNIDAD	un	
<b>1. EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Tarifa/hora	Rendimiento	valor parcial	
Herramienta menor	gl	\$2.500	10	\$25.000	
				subtotal	\$25.000
<b>2. MATERIALES DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad	valor parcial	
lampáras	lamparas	150.000	9	\$1.350.000	
sensor de presencia	sensores	65.000	1	\$65.000	
Leviton SBP00M SECTOR BU	controlador	750.000	1	\$750.000	
Sector relay (SBCSO-L00 120	reles	60.000	9	\$540.000	
fotocelda dimerizable	fotocelda	70.000	9	\$630.000	
power pack	power pack	35.000	2	\$70.000	
caja metalica rectangular de	caja	12.000	11	\$132.000	
cable #12 Cu AWG	metros	1.300	41	\$53.300	
cable #14 Cu AWG	metros	1.200	98	\$117.600	
tubo EMT (electrical metal	metros	15.000	28	\$420.000	
				subtotal	\$4.127.900
<b>3. ACCESORIOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad	valor parcial	
Accesorios	gl	\$10.000	0,5	\$5.000	
				subtotal	\$5.000
<b>4. TRANSPORTE DE MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	Rendimiento	valor parcial	
Transporte	glb	\$2.000	2,95	\$5.900	
				subtotal	\$5.900
<b>5. MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	JORNADA	% Prestacion	ornada Tolta	Rendimiento	valor parcial
Cuadrilla	53200	\$86.800	\$140.000	0,2	\$28.000
				subtotal	\$28.000
<b>TOTAL COSNTOS DIRECTOS</b>					<b>\$4.191.800</b>
<b>6. COSTOS INDIRECTOS</b>					
DESCRIPCION	%			valor parcial	
Administracion	15			\$628.770	
Imprevistos	6			\$251.508	
Utilidad	2			\$83.836	
				subtotal	\$964.114
<b>PRECIO TOTAL (COP aproximado)</b>					<b>\$5.155.914</b>

**TABLA B4 (d) Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off salón 204**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	Estrategia 4 -204-0	Instalacion electrica de iluminacion	UNIDAD	un	
<b>1. EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Tarifa/hora	Rendimiento	valor parcial	
Herramienta menor	gl	\$2.500	10		\$25.000
				subtotal	\$25.000
<b>2. MATERIALES DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad	valor parcial	
lampáras	lamparas	150.000	9		\$1.350.000
sensor de presencia	sensores	65.000	1		\$65.000
fococelda On/ Off	fococelda	55.000	1		\$55.000
fococelda dimerizable	fococelda	70.000	9		\$630.000
power pack	power pack	35.000	2		\$70.000
caja metalica rectangular de 10*10	caja	12.000	17		\$204.000
cable #12 Cu AWG	metros	1.300	180		\$234.000
tubo EMT (electrical metallic tubin	metros	15.000	23		\$345.000
				subtotal	\$2.953.000
<b>3. ACCESORIOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad	valor parcial	
Accesorios	gl	\$10.000	0,5		\$5.000
				subtotal	\$5.000
<b>4. TRANSPORTE DE MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	Rendimiento	valor parcial	
Transporte	glb	\$2.000	2,95		\$5.900
				subtotal	\$5.900
<b>5. MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	JORNADA	% Prestacion	Jornada Tolta	Rendimiento	valor parcial
Cuadrilla	53200	\$86.800	\$140.000	0,2	\$28.000
				subtotal	\$28.000
<b>TOTAL COSNTOS DIRECTOS</b>					\$3.016.900
<b>6. COSTOS INDIRECTOS</b>					
DESCRIPCION	%			valor parcial	
Administracion	15				\$452.535
Imprevistos	6				\$181.014
Utilidad	2				\$60.338
				subtotal	\$693.887
<b>PRECIO TOTAL (COP aproximado)</b>					\$3.710.787

**TABLA B4 (e) Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador salón 204**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	Estrategia 5 -204-0	Instalacion electrica de iluminacion	UNIDAD	un	
<b>1. EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Tarifa/hora	Rendimiento		valor parcial
Herramienta menor	gl	\$2.500	10		\$25.000
				subtotal	\$25.000
<b>2. MATERIALES DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
lampáras	lamparas	150.000	9		\$1.350.000
sensor de presencia	sensores	65.000	1		\$65.000
fotocelda dimerizable	fotocelda	70.000	1		\$70.000
Leviton SBP00M SECTOR BUS	controlador	750.000	1		\$750.000
Sector relay (SBCS0-L00 120-	reles	60.000	2		\$120.000
power pack	power pack	35.000	2		\$70.000
caja metalica rectangular de	caja	12.000	11		\$132.000
cable #12 Cu AWG	metros	1.300	38		\$49.400
cable #14 Cu AWG	metros	1.200	66		\$79.200
tubo EMT (electrical metalli	metros	15.000	22		\$330.000
				subtotal	\$3.015.600
<b>3. ACCESORIOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
Accesorios	gl	\$10.000	0,5		\$5.000
				subtotal	\$5.000
<b>4. TRANSPORTE DE MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	Rendimiento		valor parcial
Transporte	glb	\$2.000	2,95		\$5.900
				subtotal	\$5.900
<b>5. MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	JORNADA	% Prestacion	Jornada Toltal	Rendimiento	valor parcial
Cuadrilla	53200	\$86.800	\$140.000	0,2	\$28.000
				subtotal	\$28.000
<b>TOTAL COSNTOS DIRECTOS</b>					\$3.079.500
<b>6. COSTOS INDIRECTOS</b>					
DESCRIPCION	%				valor parcial
Administracion	15				\$461.925
Imprevistos	6				\$184.770
Utilidad	2				\$61.590
				subtotal	\$708.285
<b>PRECIO TOTAL (COP aproximado)</b>					\$3.787.785

**TABLA B4 (f) Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off salón 204**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	Strategia 6 -204-	Instalacion electrica de iluminacion	UNIDAD	un	
<b>1. EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Tarifa/hora	Rendimiento		valor parcial
Herramienta menor	gl	\$2.500	10		\$25.000
				subtotal	\$25.000
<b>2. MATERIALES DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
lampáras	lamparas	150.000	9		\$1.350.000
sensor de presencia	sensores	65.000	1		\$65.000
fococelda On/ Off	fococelda	55.000	1		\$55.000
fococelda dimerizable	fococelda	70.000	1		\$70.000
power pack	power pack	35.000	2		\$70.000
caja metalica rectangular	caja	12.000	13		\$156.000
cable #12 Cu AWG	metros	1.300	87		\$113.100
tubo EMT (electrical meta	metros	15.000	22		\$330.000
				subtotal	\$2.209.100
<b>3. ACCESORIOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
Accesorios	gl	\$10.000	0,5		\$5.000
				subtotal	\$5.000
<b>4. TRANSPORTE DE MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	Rendimiento		valor parcial
Transporte	glb	\$2.000	2,95		\$5.900
				subtotal	\$5.900
<b>5. MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	JORNADA	% Prestacion	Jornada Toltal	Rendimiento	valor parcial
Cuadrilla	53200	\$86.800	\$140.000	0,2	\$28.000
				subtotal	\$28.000
				<b>TOTAL COSNTOS DIRECTOS</b>	
					\$2.273.000
<b>6. COSTOS INDIRECTOS</b>					
DESCRIPCION	%				valor parcial
Administracion	15				\$340.950
Imprevistos	6				\$136.380
Utilidad	2				\$45.460
				subtotal	\$522.790
				<b>PRECIO TOTAL (COP aproximado)</b>	
					\$2.795.790

**TABLA B4 (g) Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador salón 204**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	Estrategia 7 - 204-0	Instalacion electrica de iluminacion	UNIDAD	un	
<b>1. EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Tarifa/hora	Rendimiento		valor parcial
Herramienta menor	gl	\$2.500	10		\$25.000
				subtotal	\$25.000
<b>2. MATERIALES DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
lampáras	lamparas	150.000	9		\$1.350.000
sensor de presencia	sensores	65.000	1		\$65.000
fotocelda dimerizable	fotocelda	70.000	1		\$70.000
Leviton SBP00M SECTOR BUS	controlador	750.000	1		\$750.000
Sector relay (SBCSO-L00 120- 34	reles	60.000	3		\$180.000
power pack	power pack	35.000	2		\$70.000
caja metalica rectangular de 10	caja	12.000	11		\$132.000
cable #12 Cu AWG	metros	1.300	44		\$57.200
cable #14 Cu AWG	metros	1.200	33		\$39.600
tubo EMT (electrical metallic	metros	15.000	22		\$330.000
				subtotal	\$3.043.800
<b>3. ACCESORIOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
Accesorios	gl	\$10.000	0,5		\$5.000
				subtotal	\$5.000
<b>4. TRANSPORTE DE MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	Rendimiento		valor parcial
Transporte	glb	\$2.000	2,95		\$5.900
				subtotal	\$5.900
<b>5. MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	JORNADA	% Prestacion	Jornada ToItal	Rendimiento	valor parcial
Cuadrilla	53200	\$86.800	\$140.000	0,2	\$28.000
				subtotal	\$28.000
<b>TOTAL COSNTOS DIRECTOS</b>					\$3.107.700
<b>6. COSTOS INDIRECTOS</b>					
DESCRIPCION	%				valor parcial
Administracion	15				\$466.155
Imprevistos	6				\$186.462
Utilidad	2				\$62.154
				subtotal	\$714.771
<b>PRECIO TOTAL (COP aproximado)</b>					\$3.822.471



**TABLA B5 (b) Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off sala de reuniones**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	Estrategia 2 -SARE	Instalacion electrica de iluminacion	UNIDAD		un
<b>1. EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Tarifa/hora	Rendimiento		valor parcial
Herramienta menor	gl	\$2.500	6		\$15.000
				subtotal	\$15.000
<b>2. MATERIALES DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
lampáras	lamparas	150.000	4		\$600.000
sensor de presencia	sensores	65.000	1		\$65.000
fotocelda On/ Off	fotocelda	55.000	1		\$55.000
fotocelda dimerizable	fotocelda	70.000	1		\$70.000
power pack	power pack	35.000	2		\$70.000
caja metalica rectangular de 10*10	caja	12.000	8		\$96.000
cable #12 Cu AWG	metros	1.300	39		\$50.700
tubo EMT (electrical metallic tubing)	metros	15.000	10		\$150.000
				subtotal	\$1.156.700
<b>3. ACCESORIOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
Accesorios	gl	\$10.000	0,5		\$5.000
				subtotal	\$5.000
<b>4. TRANSPORTE DE MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	Rendimiento		valor parcial
Transporte	glb	\$2.000	2,95		\$5.900
				subtotal	\$5.900
<b>5. MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	JORNADA	% Prestacion	Jornada Toltal	Rendimiento	valor parcial
Cuadrilla	53200	\$86.800	\$140.000	0,2	\$28.000
				subtotal	\$28.000
<b>TOTAL COSNTOS DIRECTOS</b>					\$1.210.600
<b>6. COSTOS INDIRECTOS</b>					
DESCRIPCION	%				valor parcial
Administracion	15				\$181.590
Imprevistos	6				\$72.636
Utilidad	2				\$24.212
				subtotal	\$278.438
<b>PRECIO TOTAL (COP aproximado)</b>					<b>\$1.489.038</b>

**TABLA B5 (c) Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador del sala de reuniones**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	Estrategia 3 -SARE	Instalacion electrica de iluminacion	UNIDAD	un	
<b>1. EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Tarifa/hora	Rendimiento	valor parcial	
Herramienta menor	gl	\$2.500	6	\$15.000	
				subtotal	\$15.000
<b>2. MATERIALES DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad	valor parcial	
lampáras	lamparas	150.000	4	\$600.000	
sensor de presencia	sensores	65.000	1	\$65.000	
Leviton SBP00M SECTOR BU	controlador	750.000	1	\$750.000	
Sector relay (SBCS0-L00 120	reles	60.000	4	\$240.000	
fococelda dimerizable	fococelda	70.000	4	\$280.000	
power pack	power pack	35.000	2	\$70.000	
caja metalica rectangular de	caja	12.000	8	\$96.000	
cable #12 Cu AWG	metros	1.300	17	\$22.100	
cable #14 Cu AWG	metros	1.200	33	\$39.600	
tubo EMT (electrical metal	metros	15.000	12	\$180.000	
				subtotal	\$2.342.700
<b>3. ACCESORIOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad	valor parcial	
Accesorios	gl	\$10.000	0,5	\$5.000	
				subtotal	\$5.000
<b>4. TRANSPORTE DE MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	Rendimiento	valor parcial	
Transporte	glb	\$2.000	2,95	\$5.900	
				subtotal	\$5.900
<b>5. MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	JORNADA	% Prestacion	ornada Tolta	Rendimiento	valor parcial
Cuadrilla	53200	\$86.800	\$140.000	0,2	\$28.000
				subtotal	\$28.000
<b>TOTAL COSNTOS DIRECTOS</b>					\$2.396.600
<b>6. COSTOS INDIRECTOS</b>					
DESCRIPCION	%			valor parcial	
Administracion	15			\$359.490	
Imprevistos	6			\$143.796	
Utilidad	2			\$47.932	
				subtotal	\$551.218
<b>PRECIO TOTAL (COP aproximado)</b>					<b>\$2.947.818</b>

5

**TABLA B5 (d) Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off sala de reuniones**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	Estrategia 4 -SARE	Instalacion electrica de iluminacion	UNIDAD	un	
<b>1. EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Tarifa/hora	Rendimiento	valor parcial	
Herramienta menor	gl	\$2.500	6	\$15.000	
				subtotal	\$15.000
<b>2. MATERIALES DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad	valor parcial	
lampáras	lamparas	150.000	4	\$600.000	
sensor de presencia	sensores	65.000	1	\$65.000	
fococelda On/ Off	fococelda	55.000	1	\$55.000	
fococelda dimerizable	fococelda	70.000	4	\$280.000	
power pack	power pack	35.000	2	\$70.000	
caja metalica rectangular de 10*10	caja	12.000	6	\$72.000	
cable #12 Cu AWG	metros	1.300	91	\$118.300	
tubo EMT (electrical metallic tubin	metros	15.000	12	\$180.000	
				subtotal	\$1.440.300
<b>3. ACCESORIOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad	valor parcial	
Accesorios	gl	\$10.000	0,5	\$5.000	
				subtotal	\$5.000
<b>4. TRANSPORTE DE MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	Rendimiento	valor parcial	
Transporte	glb	\$2.000	2,95	\$5.900	
				subtotal	\$5.900
<b>5. MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	JORNADA	% Prestacion	ornada Tolta	Rendimiento	valor parcial
Cuadrilla	53200	\$86.800	\$140.000	0,2	\$28.000
				subtotal	\$28.000
<b>TOTAL COSNTOS DIRECTOS</b>					\$1.494.200
<b>6. COSTOS INDIRECTOS</b>					
DESCRIPCION	%			valor parcial	
Administracion	15			\$224.130	
Imprevistos	6			\$89.652	
Utilidad	2			\$29.884	
				subtotal	\$343.666
<b>PRECIO TOTAL (COP aproximado)</b>					<b>\$1.837.866</b>

**TABLA B5 (e) Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador sala de reuniones**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	Estrategia 5 -SARE	Instalacion electrica de iluminacion	UNIDAD	un	
<b>1. EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Tarifa/hora	Rendimiento		valor parcial
Herramienta menor	gl	\$2.500	6		\$15.000
				subtotal	\$15.000
<b>2. MATERIALES DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
lampáras	lamparas	150.000	4		\$600.000
sensor de presencia	sensores	65.000	1		\$65.000
fococelda dimerizable	fococelda	70.000	1		\$70.000
Leviton SBP00M SECTOR BUS	controlador	750.000	1		\$750.000
Sector relay (SBCSO-L00 120-	reles	60.000	2		\$120.000
power pack	power pack	35.000	2		\$70.000
caja metalica rectangular de	caja	12.000	6		\$72.000
cable #12 Cu AWG	metros	1.300	14		\$18.200
cable #14 Cu AWG	metros	1.200	17		\$20.400
tubo EMT (electrical metalli	metros	15.000	9		\$135.000
				subtotal	\$1.920.600
<b>3. ACCESORIOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
Accesorios	gl	\$10.000	0,5		\$5.000
				subtotal	\$5.000
<b>4. TRANSPORTE DE MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	Rendimiento		valor parcial
Transporte	glb	\$2.000	2,95		\$5.900
				subtotal	\$5.900
<b>5. MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	JORNADA	% Prestacion	Jornada Toltal	Rendimiento	valor parcial
Cuadrilla	53200	\$86.800	\$140.000	0,2	\$28.000
				subtotal	\$28.000
<b>TOTAL COSNTOS DIRECTOS</b>					\$1.974.500
<b>6. COSTOS INDIRECTOS</b>					
DESCRIPCION	%				valor parcial
Administracion	15				\$296.175
Imprevistos	6				\$118.470
Utilidad	2				\$39.490
				subtotal	\$454.135
<b>PRECIO TOTAL (COP aproximado)</b>					<b>\$2.428.635</b>

**TABLA B5 (f) Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off sala de reuniones**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	Estrategia 6 -SARE	Instalacion electrica de iluminacion	UNIDAD	un	
<b>1. EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Tarifa/hora	Rendimiento		valor parcial
Herramienta menor	gl	\$2.500	6		\$15.000
				subtotal	\$15.000
<b>2. MATERIALES DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
lampáras	lamparas	150.000	4		\$600.000
sensor de presencia	sensores	65.000	1		\$65.000
fococelda On/ Off	fococelda	55.000	1		\$55.000
fococelda dimerizable	fococelda	70.000	1		\$70.000
power pack	power pack	35.000	2		\$70.000
caja metalica rectangular	caja	12.000	8		\$96.000
cable #12 Cu AWG	metros	1.300	44		\$57.200
tubo EMT (electrical metal)	metros	15.000	10		\$150.000
				subtotal	\$1.163.200
<b>3. ACCESORIOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
Accesorios	gl	\$10.000	0,5		\$5.000
				subtotal	\$5.000
<b>4. TRANSPORTE DE MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	Rendimiento		valor parcial
Transporte	glb	\$2.000	2,95		\$5.900
				subtotal	\$5.900
<b>5. MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	JORNADA	% Prestacion	Jornada Toltal	Rendimiento	valor parcial
Cuadrilla	53200	\$86.800	\$140.000	0,2	\$28.000
				subtotal	\$28.000
				<b>TOTAL COSNTOS DIRECTOS</b>	
					\$1.217.100
<b>6. COSTOS INDIRECTOS</b>					
DESCRIPCION	%				valor parcial
Administracion	15				\$182.565
Imprevistos	6				\$73.026
Utilidad	2				\$24.342
				subtotal	\$279.933
				<b>PRECIO TOTAL (COP aproximado)</b>	
					\$1.497.033

**TABLA B5 (g) Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador sala de reuniones**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	Estrategia 7 - SARE	Instalacion electrica de iluminacion	UNIDAD	un	
<b>1. EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Tarifa/hora	Rendimiento		valor parcial
Herramienta menor	gl	\$2.500	6		\$15.000
				subtotal	\$15.000
<b>2. MATERIALES DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
lampáras	lamparas	150.000	4		\$600.000
sensor de presencia	sensores	65.000	1		\$65.000
fotocelda dimerizable	fotocelda	70.000	1		\$70.000
Leviton SBP00M SECTOR BUS	controlador	750.000	1		\$750.000
Sector relay (SBCS0-L00 120- 34	reles	60.000	3		\$180.000
power pack	power pack	35.000	2		\$70.000
caja metalica rectangular de 10	caja	12.000	6		\$72.000
cable #12 Cu AWG	metros	1.300	14		\$18.200
cable #14 Cu AWG	metros	1.200	18		\$21.600
tubo EMT (electrical metallic	metros	15.000	9		\$135.000
				subtotal	\$1.981.800
<b>3. ACCESORIOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
Accesorios	gl	\$10.000	0,5		\$5.000
				subtotal	\$5.000
<b>4. TRANSPORTE DE MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	Rendimiento		valor parcial
Transporte	glb	\$2.000	2,95		\$5.900
				subtotal	\$5.900
<b>5. MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	JORNADA	% Prestacion	Jornada Toltal	Rendimiento	valor parcial
Cuadrilla	53200	\$86.800	\$140.000	0,2	\$28.000
				subtotal	\$28.000
				<b>TOTAL COSNTOS DIRECTOS</b>	
					\$2.035.700
<b>6. COSTOS INDIRECTOS</b>					
DESCRIPCION	%				valor parcial
Administracion	15				\$305.355
Imprevistos	6				\$122.142
Utilidad	2				\$40.714
				subtotal	\$468.211
				<b>PRECIO TOTAL (COP aproximado)</b>	
					\$2.503.911



**TABLA B6 (b) Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off sala de reuniones**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	Estrategia 2 -SARE	Instalacion electrica de iluminacion	UNIDAD		un
<b>1. EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Tarifa/hora	Rendimiento		valor parcial
Herramienta menor	gl	\$2.500	10		\$25.000
				subtotal	\$25.000
<b>2. MATERIALES DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
lampáras	lamparas	150.000	4		\$600.000
sensor de presencia	sensores	65.000	1		\$65.000
fococelda On/ Off	fococelda	55.000	1		\$55.000
fococelda dimerizable	fococelda	70.000	1		\$70.000
power pack	power pack	35.000	2		\$70.000
caja metalica rectangular de 10*10	caja	12.000	8		\$96.000
cable #12 Cu AWG	metros	1.300	50		\$65.000
tubo EMT (electrical metallic tubing)	metros	15.000	10		\$150.000
				subtotal	\$1.171.000
<b>3. ACCESORIOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
Accesorios	gl	\$10.000	0,5		\$5.000
				subtotal	\$5.000
<b>4. TRANSPORTE DE MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	Rendimiento		valor parcial
Transporte	glb	\$2.000	2,95		\$5.900
				subtotal	\$5.900
<b>5. MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	JORNADA	% Prestacion	Jornada Toltal	Rendimiento	valor parcial
Cuadrilla	53200	\$86.800	\$140.000	0,2	\$28.000
				subtotal	\$28.000
<b>TOTAL COSNTOS DIRECTOS</b>					<b>\$1.234.900</b>
<b>6. COSTOS INDIRECTOS</b>					
DESCRIPCION	%				valor parcial
Administracion	15				\$185.235
Imprevistos	6				\$74.094
Utilidad	2				\$24.698
				subtotal	\$284.027
<b>PRECIO TOTAL (COP aproximado)</b>					<b>\$1.518.927</b>

**TABLA B6 (c) Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador del sala de reuniones**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	Estrategia 3 -SARE	Instalacion electrica de iluminacion	UNIDAD	un	
<b>1. EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Tarifa/hora	Rendimiento	valor parcial	
Herramienta menor	gl	\$2.500	10	\$25.000	
				subtotal	\$25.000
<b>2. MATERIALES DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad	valor parcial	
lampáras	lamparas	150.000	4	\$600.000	
sensor de presencia	sensores	65.000	1	\$65.000	
Leviton SBP00M SECTOR BU	controlador	750.000	1	\$750.000	
Sector relay (SBCS0-L00 120	reles	60.000	4	\$240.000	
fotocelda dimerizable	fotocelda	70.000	4	\$280.000	
power pack	power pack	35.000	2	\$70.000	
caja metalica rectangular de	caja	12.000	6	\$72.000	
cable #12 Cu AWG	metros	1.300	18	\$23.400	
cable #14 Cu AWG	metros	1.200	40	\$48.000	
tubo EMT (electrical metal	metros	15.000	12	\$180.000	
				subtotal	\$2.328.400
<b>3. ACCESORIOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad	valor parcial	
Accesorios	gl	\$10.000	0,5	\$5.000	
				subtotal	\$5.000
<b>4. TRANSPORTE DE MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	Rendimiento	valor parcial	
Transporte	glb	\$2.000	2,95	\$5.900	
				subtotal	\$5.900
<b>5. MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	JORNADA	% Prestacion	ornada Tolta	Rendimiento	valor parcial
Cuadrilla	53200	\$86.800	\$140.000	0,2	\$28.000
				subtotal	\$28.000
<b>TOTAL COSNTOS DIRECTOS</b>					\$2.392.300
<b>6. COSTOS INDIRECTOS</b>					
DESCRIPCION	%				valor parcial
Administracion	15				\$358.845
Imprevistos	6				\$143.538
Utilidad	2				\$47.846
				subtotal	\$550.229
<b>PRECIO TOTAL (COP aproximado)</b>					\$2.942.529

**TABLA B6 (d) Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off sala de reuniones**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	Estrategia 4 -SARE	Instalacion electrica de iluminacion	UNIDAD	un	
<b>1. EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Tarifa/hora	Rendimiento		valor parcial
Herramienta menor	gl	\$2.500	10		\$25.000
				subtotal	\$25.000
<b>2. MATERIALES DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
lampáras	lamparas	150.000	4		\$600.000
sensor de presencia	sensores	65.000	1		\$65.000
fotocelda On/ Off	fotocelda	55.000	1		\$55.000
fotocelda dimerizable	fotocelda	70.000	4		\$280.000
power pack	power pack	35.000	2		\$70.000
caja metalica rectangular de 10*10	caja	12.000	6		\$72.000
cable #12 Cu AWG	metros	1.300	67		\$87.100
tubo EMT (electrical metallic tubin	metros	15.000	13		\$195.000
				subtotal	\$1.424.100
<b>3. ACCESORIOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
Accesorios	gl	\$10.000	0,5		\$5.000
				subtotal	\$5.000
<b>4. TRANSPORTE DE MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	Rendimiento		valor parcial
Transporte	glb	\$2.000	2,95		\$5.900
				subtotal	\$5.900
<b>5. MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	JORNADA	% Prestacion	ornada Tolta	Rendimiento	valor parcial
Cuadrilla	53200	\$86.800	\$140.000	0,2	\$28.000
				subtotal	\$28.000
<b>TOTAL COSNTOS DIRECTOS</b>					<b>\$1.488.000</b>
<b>6. COSTOS INDIRECTOS</b>					
DESCRIPCION	%				valor parcial
Administracion	15				\$223.200
Imprevistos	6				\$89.280
Utilidad	2				\$29.760
				subtotal	\$342.240
<b>PRECIO TOTAL (COP aproximado)</b>					<b>\$1.830.240</b>

**TABLA B6 (e) Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador sala de reuniones**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	Estrategia 5 -SARE	Instalacion electrica de iluminacion	UNIDAD	un	
<b>1. EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Tarifa/hora	Rendimiento		valor parcial
Herramienta menor	gl	\$2.500	10		\$25.000
				subtotal	\$25.000
<b>2. MATERIALES DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
lampáras	lamparas	150.000	4		\$600.000
sensor de presencia	sensores	65.000	1		\$65.000
fotocelda dimerizable	fotocelda	70.000	1		\$70.000
Leviton SBP00M SECTOR BUS	controlador	750.000	1		\$750.000
Sector relay (SBCSO-L00 120-	reles	60.000	2		\$120.000
power pack	power pack	35.000	2		\$70.000
caja metalica rectangular de	caja	12.000	6		\$72.000
cable #12 Cu AWG	metros	1.300	14		\$18.200
cable #14 Cu AWG	metros	1.200	17		\$20.400
tubo EMT (electrical metalli	metros	15.000	9		\$135.000
				subtotal	\$1.920.600
<b>3. ACCESORIOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
Accesorios	gl	\$10.000	0,5		\$5.000
				subtotal	\$5.000
<b>4. TRANSPORTE DE MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	Rendimiento		valor parcial
Transporte	glb	\$2.000	2,95		\$5.900
				subtotal	\$5.900
<b>5. MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	JORNADA	% Prestacion	Jornada ToItal	Rendimiento	valor parcial
Cuadrilla	53200	\$86.800	\$140.000	0,2	\$28.000
				subtotal	\$28.000
<b>TOTAL COSNTOS DIRECTOS</b>					<b>\$1.984.500</b>
<b>6. COSTOS INDIRECTOS</b>					
DESCRIPCION	%				valor parcial
Administracion	15				\$297.675
Imprevistos	6				\$119.070
Utilidad	2				\$39.690
				subtotal	\$456.435
<b>PRECIO TOTAL (COP aproximado)</b>					<b>\$2.440.935</b>

**TABLA B6 (f) Control por presencia, fotocelda dimerizable y fotocelda On/Off sala de reuniones**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	Estrategia 6 -SARE	Instalacion electrica de iluminacion	UNIDAD	un	
<b>1. EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Tarifa/hora	Rendimiento		valor parcial
Herramienta menor	gl	\$2.500	10		\$25.000
				subtotal	\$25.000
<b>2. MATERIALES DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
lampáras	lamparas	150.000	4		\$600.000
sensor de presencia	sensores	65.000	1		\$65.000
fococelda On/ Off	fococelda	55.000	1		\$55.000
fococelda dimerizable	fococelda	70.000	1		\$70.000
power pack	power pack	35.000	2		\$70.000
caja metalica rectangular	caja	12.000	8		\$96.000
cable #12 Cu AWG	metros	1.300	41		\$53.300
tubo EMT (electrical met)	metros	15.000	10		\$150.000
				subtotal	\$1.159.300
<b>3. ACCESORIOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
Accesorios	gl	\$10.000	0,5		\$5.000
				subtotal	\$5.000
<b>4. TRANSPORTE DE MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	Rendimiento		valor parcial
Transporte	glb	\$2.000	2,95		\$5.900
				subtotal	\$5.900
<b>5. MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	JORNADA	% Prestacion	Jornada Toltal	Rendimiento	valor parcial
Cuadrilla	53200	\$86.800	\$140.000	0,2	\$28.000
				subtotal	\$28.000
<b>TOTAL COSNTOS DIRECTOS</b>					<b>\$1.223.200</b>
<b>6. COSTOS INDIRECTOS</b>					
DESCRIPCION	%				valor parcial
Administracion	15				\$183.480
Imprevistos	6				\$73.392
Utilidad	2				\$24.464
				subtotal	\$281.336
<b>PRECIO TOTAL (COP aproximado)</b>					<b>\$1.504.536</b>

**TABLA B6 (g) Control por presencia, fotocelda dimerizable y controlador sala de reuniones**

ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS					
ITEM	Estrategia 7 - SARE	Instalacion electrica de iluminacion	UNIDAD	un	
<b>1. EQUIPOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Tarifa/hora	Rendimiento		valor parcial
Herramienta menor	gl	\$2.500	10		\$25.000
				subtotal	\$25.000
<b>2. MATERIALES DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
lampáras	lamparas	150.000	4		\$600.000
sensor de presencia	sensores	65.000	1		\$65.000
fotocelda dimerizable	fotocelda	70.000	1		\$70.000
Leviton SBP00M SECTOR BUS	controlador	750.000	1		\$750.000
Sector relay (SBCSO-L00 120- 34	reles	60.000	3		\$180.000
power pack	power pack	35.000	2		\$70.000
caja metalica rectangular de 10	caja	12.000	6		\$72.000
cable #12 Cu AWG	metros	1.300	14		\$18.200
cable #14 Cu AWG	metros	1.200	18		\$21.600
tubo EMT (electrical metallic	metros	15.000	9		\$135.000
				subtotal	\$1.981.800
<b>3. ACCESORIOS</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	cantidad		valor parcial
Accesorios	gl	\$10.000	0,5		\$5.000
				subtotal	\$5.000
<b>4. TRANSPORTE DE MATERIALES</b>					
DESCRIPCION	UNIDAD	Precio unitario	Rendimiento		valor parcial
Transporte	glb	\$2.000	2,95		\$5.900
				subtotal	\$5.900
<b>5. MANO DE OBRA</b>					
DESCRIPCION	JORNADA	% Prestacion	Jornada Toltal	Rendimiento	valor parcial
Cuadrilla	53200	\$86.800	\$140.000	0,2	\$28.000
				subtotal	\$28.000
				<b>TOTAL COSNTOS DIRECTOS</b>	
					\$2.045.700
<b>6. COSTOS INDIRECTOS</b>					
DESCRIPCION	%				valor parcial
Administracion	15				\$306.855
Imprevistos	6				\$122.742
Utilidad	2				\$40.914
				subtotal	\$470.511
				<b>PRECIO TOTAL (COP aproximado)</b>	
					\$2.516.211

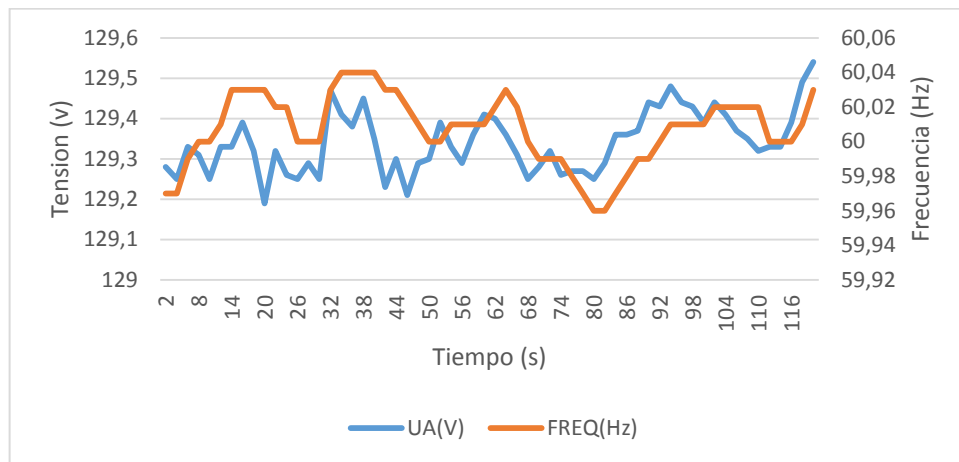
## ANEXO C. Curvas características de los power pack conectados.

Se muestran las curvas de comportamiento de los power pack conectados, sin los dispositivos electrónicos, esta medida se realizó para poder determinar de una forma más eficiente el consumo de los dispositivos de automatización, al compararlos con las medidas que se realizaron con los elementos conectados podemos obtener un análisis completo.

**Curvas características de Power packs conectados.** En el análisis de los resultados obtenidos en esta medición donde no se conectan los elementos automatizados, se decide realizar la descripción y comparación de las dos medidas y los resultados obtenidos en los dos procesos para obtener una comparación del consumo exacto de los elementos.

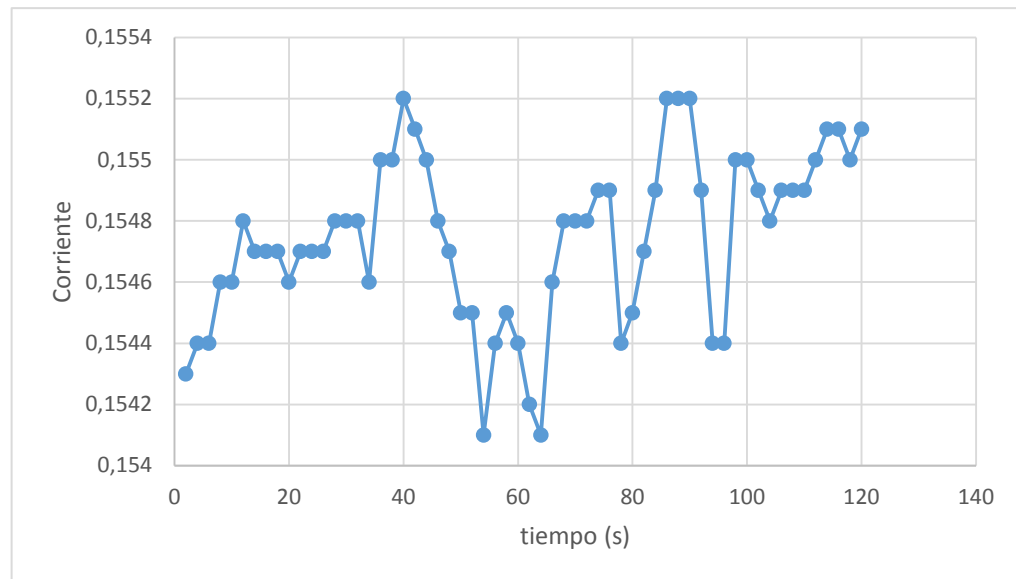
Con referencia a la tensión se observa que en los dos casos de las mediciones (1. Con los dispositivos conectados, 2. Power pack conectados) se puede ver que el comportamiento de la tensión en el segundo caso tiene una leve caída pasa de 129.5 a 129.1. Como se observa en la Figura C1.

**Figura C.1. Relación tensión - frecuencia de elementos de automatización.**



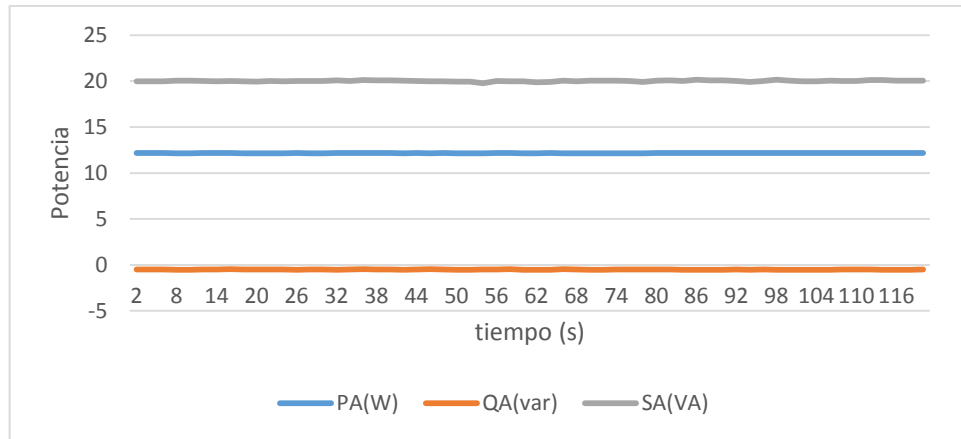
En la Figura C.2 se observa el aumento de corriente cuando a los power pack se le conectan tanto el sensor de presencia, fotocelda ON/OFF y la fotocelda dimerizable pasa de un valor de 0,1154 (A) a 0,63(A) en el cual se puede ver el consumo de los dispositivos de automatización.

**Figura C.2. Relación corriente - tiempo de elementos de automatización**



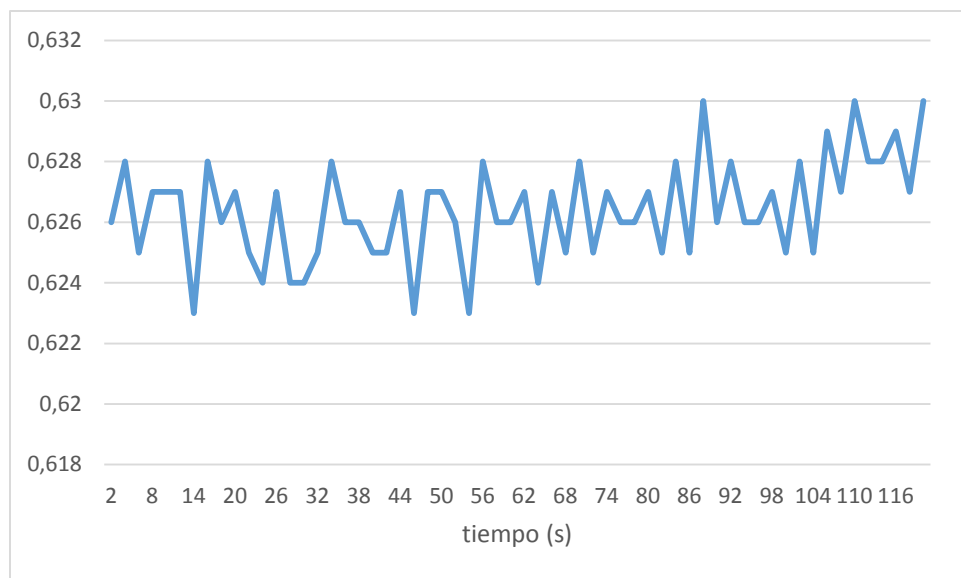
Con respecto a la potencia en la Figura C.3 se describe el comportamiento de cada una de las potencia activa, reactiva y aparente con respecto a la potencia reactiva se puede observar que al conectar los dispositivos de automatización esta aumenta y además presenta un comportamiento capacitivo.

**Figura C.3. Relación potencia - tiempo de elementos de automatización.**



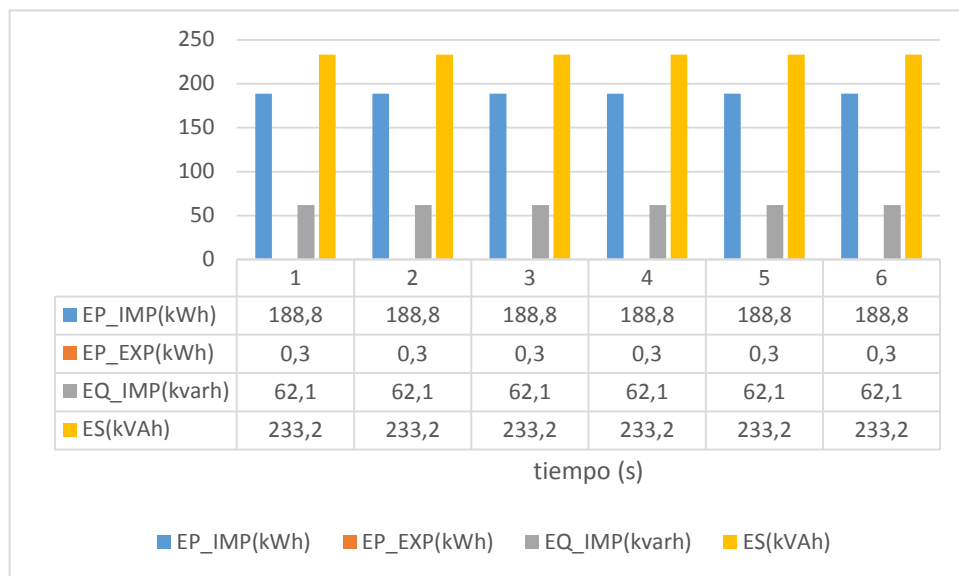
Para el factor de potencia se puede observar que se mantiene en el mismo rango en los dos casos, además se evidencia que es un factor de potencia muy malo debido a que está muy distante del factor de potencia ideal que es (1), podemos catalogar esto como un factor negativo de este tipo de carga (ver Figura C.4).

**Figura C.4. Relación factor de potencia - tiempo de elementos de automatización**



En la Figura C.5 con relación al análisis que se realiza de la energía se observa con respecto a los dos procesos un aumento en la EP-IMP (kWh) debido a la conexión de los dispositivos de automatización, con esto se puede evidenciar el consumo de energía de los elementos del sistema de iluminación automatizado, de una forma más clara debido a que se realizan los dos métodos.

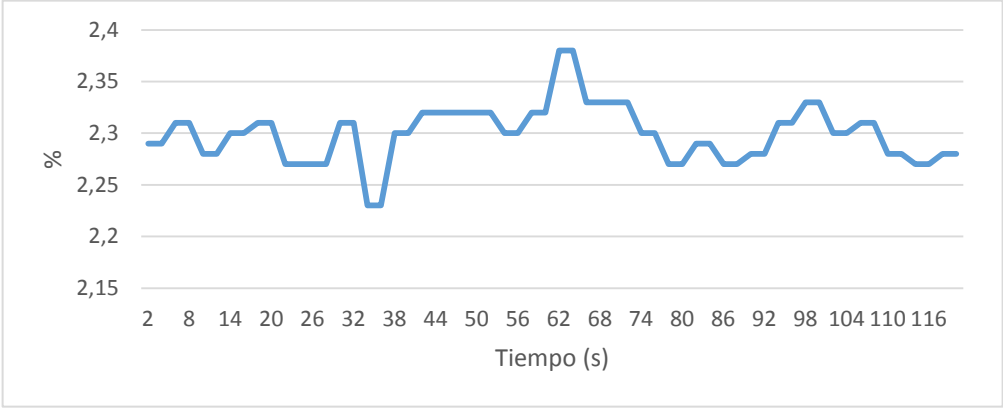
**Figura C.5. Relación energía - tiempo de elementos de automatización**



Para este tipo de carga (dispositivos de automatización) podemos decir que cumple con los parámetros de distorsión armónica porque está entre los porcentajes estipulados en la norma que es por debajo del 10% (ver Figura C.6)

Otro aspecto importante en este tipo de carga es el hecho que no introducen armónicos a la red es un factor muy bueno.

**Figura C.6. Relación distorsión armónica - tiempo de elementos de automatización.**

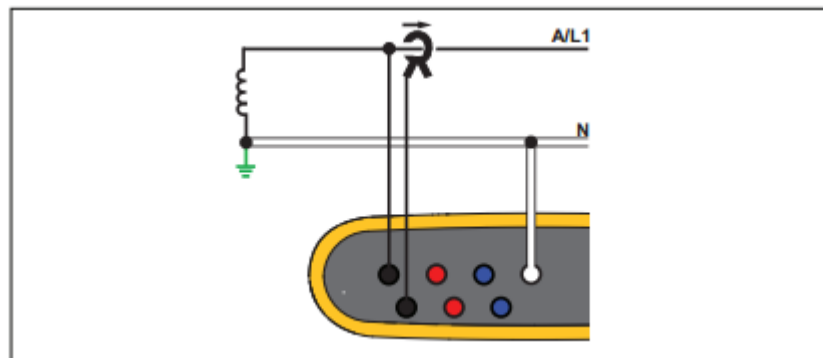


#### **ANEXO D. Diagrama de conexión y características del analizador de energía eléctrica.**

Para establecer el diagrama de conexión del analizador de energía eléctrica, se consideraron las instrucciones del manual técnico de este dispositivo.

Para realizar la experimentación, se programó el instrumento de medida para realizar mediciones de un sistema monofásico, ya que es el tipo de red eléctrica que se tiene para conectar los dispositivos a los cuales se les va a realizar las medidas, en la Figura 1 se muestra la conexión realizada.

**Figura D.1. Conexión del analizador de energía FLUKE 435 series II.**



El analizador de energía Fluke 435 series II es un dispositivo de alta gama de medidores multifuncionales de potencia y energía. Es un equipo utilizado para la monitorización de sistemas de energía eléctrica. Sus principales características y los parámetros que mide se muestran en la Figura 2.

Figura D.2. Fluke 435 series II.



Armónicos				
Orden de armónicos (n)		CC, agrupamiento de 1 a 50: Grupos de armónicos de acuerdo con la norma IEC 61000-4-7		
Orden de interarmónicos (n)		Desactivado, agrupamiento de 1 a 50: Subgrupos de armónicos e interarmónicos de acuerdo con la norma IEC 61000-4-7		
Voltios	%f	0,0% a 100%	0.10%	$\pm 0,1\% \pm n \times 0,1\%$
	%r	0,0% a 100%	0.10%	$\pm 0,1\% \pm n \times 0,4\%$
	Absoluto	0,0 a 1000 V	0,1 V	$\pm 5\% *$
	THD (Dispersión armónica total)	0,0% a 100%	0.10%	$\pm 2,5\%$
Amperios	%f	0,0% a 100%	0.10%	$\pm 0,1\% \pm n \times 0,1\%$
	%r	0,0% a 100%	0.10%	$\pm 0,1\% \pm n \times 0,4\%$
	Absoluto	0,0 a 600 A	0,1 A	$\pm 5\% \pm 5$ cuentas
	THD (Dispersión armónica total)	0,0% a 100%	0.10%	$\pm 2,5\%$
Vatios	%f o %r	0,0% a 100%	0.10%	$\pm n \times 2\%$
	Absoluto	Según escala de la pinza de corriente y V nominal	—	$\pm 5\% \pm n \times 2\% \pm 10$ cuentas
	THD (Dispersión armónica total)	0,0% a 100%	0.10%	$\pm 5\%$
Ángulo de fase		-360° a +0°	1'	$\pm n \times 1'$

### **Metodología de la medición del consumo de energía eléctrica y la distorsión armónica total de la carga**

Para el estudio del consumo de energía eléctrica y la distorsión armónica total de corriente, en los dispositivos eléctricos se realizaron tres tipos de experimentos: a) Con los dispositivos electrónicos conectados, b) Los dispositivos Power Pack conectados y c) La luminaria LED.

**Dispositivos electrónicos conectados.** El proceso de medida se realiza haciendo la respectiva conexión de los siguientes dispositivos electrónicos: sensor de presencia, fotocelda dimerizable, fotocelda On/OFF y los *power packs*, como se muestra en la Figura 3.

Para la realizar las medidas se conectaron tres *power pack* en paralelo, a uno se le conecto el sensor de movimiento, al segundo la fotocelda dimerizable y al tercero la fotocelda On/Off; después de esto se procedió a programar los parámetros a medir. Para la realización de la prueba se programó el medidor con un tiempo de muestreo de 1 minuto.

**Figura D.3. Sensor, fotoceldas y *power packs*.**



**Power pack conectados.** Para determinar de forma efectiva la distorsión armónica total de los dispositivos electrónicos de automatización, se procedió a realizar este tipo de prueba donde se midió la distorsión armónica total de corriente de los tres *power packs*, conectados en paralelo como se observa en la Figura 4, para compararlos con los resultados obtenidos en la prueba realizada previamente y así determinar las características de la distorsión de la señal de corriente generada por estos elementos, la cual afecta la calidad de la energía eléctrica. Para obtener los datos se programó el analizador de energía con un tiempo de muestreo de 1 minuto.

**Figura D.4. Power packs en paralelo.**



**Luminaria LED.** La luminaria que se utilizó para la prueba tiene una lámpara T8, su potencia es de 4\*12W (ver Figura 5). Es importante resaltar que la tecnología LED no necesita de balastro para su funcionamiento. Para realizar la prueba se

configuró el analizador de energía de tal forma que almacenara los datos en modo monofásico durante un tiempo de 1 minuto.

**Figura D.5. Luminaria LED.**

