

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA: INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Tesis previa a la obtención del título de: INGENIERO ELECTRÓNICO

TEMA:

**DISEÑO DE UN SCADA PARA EL MEJORAMIENTO Y OPTIMIZACIÓN
DE LA ILUMINACIÓN ELÉCTRICA, EN TRES AGENCIAS DEL SERVICIO
DE RENTAS INTERNAS (SRI) DE LA CIUDAD DE QUITO**

AUTOR:

JAVIER ALEJANDRO MUÑOZ ARIAS

DIRECTOR:

VÍCTOR VINICIO TAPIA CALVOPIÑA

Quito, junio de 2013

**DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIZACIÓN DE USO
DEL TRABAJO DE GRADO**

Yo, **Javier Alejandro Muñoz Arias**, autorizo a la Universidad Politécnica Salesiana la publicación total o parcial de este trabajo de grado y su reproducción sin fines de lucro.

Además, declaro que los conceptos y análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Javier Alejandro Muñoz Arias
CC: 1716264435

DEDICATORIA

Este trabajo no podría ser posible sin la colaboración de grandes personas que han estado a lo largo no solo de mi carrera sino de vida que poco a poco han permitido ir creciendo y llenándome de sus enseñanzas, por este motivo quiero dedicar mi trabajo a mi Papito Dios ya que sin sus bendiciones no podría estar aquí, por ponerme ángeles maravillosos como mi madre, mi abuelita, mi familia en especial mis tíos Nelicita y Bolito, amigos, maestros.

Al motor de mi vida a mi madre y amiga mi mamita por el esfuerzo titánico que ha hecho por tenerme aquí, por confiar en mí por esforzarse dejando de lado muchas veces su bienestar por el mío y a mi segunda madre Anita Vargas que se convirtió en mi mamá con sus cuidados, oraciones y sus consejos su sabiduría aún me sigue guiando. Este esfuerzo es por y para ustedes.

A mis hermanos en especial a mi amor chiquita, la niña de mis ojos, mi hermanita

A mi compañera de grupo, amiga, enamorada y un gran pilar en mi vida Carito gracias por aguantarme mis mal genios mi locuras mi falta de tiempo por todo mil gracias por estar a mi lado por ser mi grupo porque hiciste todo lo posible por ayudarme aprendiendo cosas que no te competían, y en especial por no dejarme nunca solo.

AGRADECIMIENTOS

A todos mis maestros en especial: al Ingeniero Vinicio Tapia por ser una guía en mi camino y brindar la luz cuando todo parecía perdido, a dos grandes ingenieros Hamilton Nuñez y Fernando por ser quienes me ha enseñado mucho no solo dentro de las aulas sino fuera de ellas con sus consejos y más que todo por dedicar su tiempo ayudándome con sus asesorías las cuales han dado como resultado este trabajo y finalmente a la ingeniera Johanna Celi por su apoyo en los momentos que lo necesite.

A mi grandes amigos Ingenieros Eduardo y Andrea por su ayuda incondicional en este proyecto que sin el este trabajo no hubiese sido posible igualmente por su amistad

Al SRI a Darío, Carlitos, Ramiro, Luchito, Anthony, Dieguito, Franklin, Renato en final todos los chicos del centro de control grandes personas por su ayuda su preocupación por la apertura no solo de las instalaciones sino de su conocimiento.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO 1.....	2
INTRODUCCIÓN.....	2
1.1. Problema	3
1.2. Propuesta.....	4
1.3. Objetivos	6
1.3.1. Objetivo general.....	6
1.3.2. Objetivos específicos.....	6
1.4. Justificación	6
1.5. Beneficiarios.....	7
CAPÍTULO 2.....	8
ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL	8
2.1. Antecedentes de las políticas	8
2.2. Antecedentes de la situación actual	10
2.2.1. <i>Hardware</i> y <i>software</i> edificio Páez 655 y 657	11
2.2.2. <i>Hardware</i> y <i>software</i> en el edificio Amazonas.....	16
2.3. Análisis de los históricos	27
2.4. Análisis del sistema de iluminación	29
2.5. Conceptos de iluminación.....	31
2.6. Normativa	35
2.7. Línea base.....	38
2.7.1. Análisis.....	40
2.7.1.1. Análisis General de las mediciones	48
2.7.2.2. Comparación con la normativa	49
2.8. Análisis de las encuestas de satisfacción.....	52
CAPÍTULO 3.....	64
DISEÑO DEL SCADA.....	64
3.1. Introducción.....	64
3.2. <i>Hardware</i> para realizar el SCADA	64
3.2.1. PLC SIMATIC S7-1200	65
3.2.2. Sensores	73
3.2.3. Unidad Terminal Maestra (MTU)	75
3.3. <i>Software</i> para realizar el SCADA	75

3.3.1. STEP 7 Basic.....	75
3.3.2. <i>Labview</i> DSC	81
3.4. Red...	83
3.4.1. Servidor OPC.....	83
3.4.2. OPC <i>Quick Client</i>	98
3.5. Monitoreo desde <i>Labview</i>	99
3.5.1. Características y elementos de VI	104
3.5.2. Diseño de las pantallas	108
3.6. Prueba piloto	115
CAPÍTULO 4	117
ANÁLISIS DE INDICADORES DE GESTIÓN	117
4.1. Indicadores de gestión	117
4.2. Gastos comparativos costo-beneficio	127
CONCLUSIONES	132
RECOMENDACIONES	135
LISTA DE REFERENCIAS	136
ANEXOS	139

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución zonal del primer piso del Edificio Páez 657	11
Figura 2. Caja de <i>breakers</i> del primer piso del Edificio Páez 657.....	12
Figura 3. Tablero Principal de control de iluminación del primer piso y planta baja.13	
Figura 4. PLC MODICON TSX Premium.	14
Figura 5. Ventana de Lookout del sistema de iluminación	16
Figura 6. Pantalla de PowerLink Controller Software.	17
Figura 7. Zonificación de la Planta Baja de la agencia Dirección Nacional ubicado en el edificio Río Amazonas.	19
Figura 8. Zonificación del Altillo de la agencia Dirección Nacional ubicado en el edificio Río Amazonas.....	20
Figura 9. Descripción general del panel frontal NF1000G3.	22
Figura 10. Controlador del compartimiento de cableado	23
Figura 11. Selector de dirección de esclavos NFSELG3.	25
Figura 12 Configuración de conexiones del tablero maestro.	25
Figura 13. PLC SIMATIC S7-200 de SIEMENS disponible en la agencia Páez 657	26
Figura 14. Consumo de energía eléctrica, Regional Norte Pichincha, agencia Páez.27	
Figura 15. Consumo energía eléctrica en la Regional Norte Pichincha, agencia Amazonas.....	28
Figura 16. Luminarias fluorescentes para cielo falso 60 x 60 cm. 120 V AC, 3 x17 W, 60 Hz.	29
Figura 17. Ubicación de puestos de trabajo cerca a las ventanas, Piso 1 edificio Páez 657.....	30
Figura 18. Ubicación de puestos de trabajo cerca a las ventanas, Piso 1 edificio Páez 655.....	30
Figura 19. Comparación de niveles de luminosidad entre la Norma Europea y la norma ISO 8995.	38
Figura 20. Luxómetro TenMars modelo TM- 204.	39
Figura 21. Medición de Luxes en el primer piso Ed. 657 distribuido en zonas.	42
Figura 22. Ubicación de luminarias de la planta baja edificio Páez 655 distribuido en zonas.....	44
Figura 23. Medición de Luxes en la planta baja Ed. 655 distribuido en zonas.	44
Figura 24. Ubicación de las luminarias en el Altillo Ed. Páez Amazonas.	46
Figura 25. Nivel de luxes en el Altillo Ed. Amazonas.	47
Figura 26. Comparación de mediciones Edificio Páez 657 con Especificaciones de la Norma ISO 8995.	50
Figura 27. Comparación de mediciones Edificio Páez 655 con Especificaciones de la Norma ISO 8995.	50
Figura 28. Comparación de mediciones Edificio Amazonas con Especificaciones de la Norma ISO 8995.	51
Figura 29. Nivel de satisfacción de iluminación en los puestos de trabajo.	53
Figura 30. Nivel de satisfacción de iluminación en los puestos de trabajo.	56
Figura 31. Tabulación de cambios sugeridos por los funcionarios.	58
Figura 32. Tabulación del nivel de satisfacción de iluminación en baños y pasillos.	61
Figura 33. Descripción de los compones de la CPU.	66
Figura 34. Montaje horizontal del PLC S7-1200 en un perfil de rail DIN en la agencia Páez 657.	68

Figura 35. Dimensiones del PLC y sus módulos en (mm).	69
Figura 36. Montaje de la CPU en el riel DIN.	69
Figura 37. Contactor Sirius 3RT1026-1A.	71
Figura 38. Conexión de los: contactores, relés y los disyuntores en el tablero principal ubicado en la agencia Páez 657.	72
Figura 39. Sensor de Luminosidad SimonVit	74
Figura 40. Página principal del TIA Portal.	76
Figura 41. Página de configuración de primeros pasos en TIA Portal.	77
Figura 42. Ventana de agregar dispositivo en donde se selecciona el modelo, CPU, y memoria del PLC.	78
Figura 43. Ventana de configuración del Hardware del PLC.	79
Figura 44. Ícono de transferencia de configuraciones e información al PLC.	80
Figura 45. Lógica de programación para el encendido de luminarias en el edificio Páez 657.	80
Figura 46. Tres pasos para la configuración del servidor OPC.	85
Figura 47. Creación de un nuevo canal en KEPServer.	86
Figura 48. Configuración de un nuevo canal.	86
Figura 49. Selección el tipo de protocolo de comunicación que se va a utilizar.	87
Figura 50. Seleccionar la tarjeta de red que está disponible en el equipo.	88
Figura 51. Configuración el control de como el servidor de OPC procesa la escritura en un canal.	88
Figura 52. Configuración de la normalización de los valores.	89
Figura 53. Ventana de resumen de configuración del canal.	89
Figura 54. Creación de un nuevo PLC	90
Figura 55. Ventana para la selección del modelo del PLC.	91
Figura 56. Configuración de la dirección IP del enlace de comunicación	91
Figura 57. Ventana de configuración del modo.	92
Figura 58. Configuración de sincronización y tiempo de espera del dispositivo.	92
Figura 59. Configuración para dar de baja al dispositivo después de fallas sucesivas.	93
Figura 60. Configuración del número de puerto para comunicaciones.	94
Figura 61. Configuración del número de puerto para las comunicaciones.	94
Figura 62. Configuración de orden de bytes para valores de 16 a 32 bit.	95
Figura 63. Ventana de resumen de la configuración del dispositivo.	95
Figura 64. Creación de una nueva etiqueta.	96
Figura 65. Creación de un nuevo grupo de etiquetas “Tag Group”.	97
Figura 67. Ventana de configuración de la etiquetas.	97
Figura 67. OPC Quick Client de KEPServer.	98
Figura 68. Pasos para configurar el servidor de entradas y salidas en Labview	99
Figura 69. Seleccionar el OPC client en la ventana de servidor de entradas y salidas.	100
Figura 70. Listado de servidores OPC disponibles.	100
Figura 71 Ventana para la creación de las variables.	102
Figura 72 Seleccionar las etiquetas creadas en el KEPServer y agregarlas al proyecto en Labview.	103
Figura 73. Editor de múltiples variables.	103
Figura 74 Creación de un nuevo VI a partir de un proyecto.	104
Figura 75 Ejemplo del Panel frontal.	105
Figura 76 Ejemplo de diagrama de bloques.	106
Figura 77 Edición de un icono de un VI original a uno personalizado.	107

Figura 78	Rejilla de conexión de 8 terminales.	107
Figura 79	Portada ventana tipo <i>splash</i>	108
Figura 80	Pantalla Principal.	109
Figura 81.	Pantalla de horarios.	111
Figura 82	Sistema de control de luminarias del edificio Páez 657.....	112
Figura 83	Pantalla de creación de reportes.	113
Figura 84.	Sistema de control de niveles de luminosidad en los edificios Páez.	114
Figura 85	Pantalla de Trends.	115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Distribución de circuitos en la caja de breakers Primer piso edificio Páez 657.....	12
Tabla 2 Zonas de iluminación y distribución de breakers en el edificio Amazonas.21	
Tabla 3 Partes del controlador del panel frontal.....	22
Tabla 4 Componente del compartimiento de cableado ubicada en el controlador del panel frontal	24
Tabla 5 Cuadro de definiciones de iluminación	32
Tabla 6 Niveles de luminosidad en interiores norma ISO 89955.....	37
Tabla 7 Niveles de luminosidad en puestos de trabajo norma Europea.....	37
Tabla 8 Tabulación general de resultados edificio Páez 657.	48
Tabla 9 Tabulación general de resultados edificio Páez 655.	49
Tabla 10 Tabulación general de resultados edificio Amazonas.	49
Tabla 11 Nivel de satisfacción de iluminación en los puestos de trabajo.	52
Tabla 12 Tabulación de la pregunta dos de la encuestas de satisfacción.	55
Tabla 13 Tabulación de la pregunta tres de la encuestas de satisfacción.	58
Tabla 14 Tabulación de la pregunta cuatro de las encuestas de satisfacción.	61
Tabla 15 Información sobre el PLC SIMATIC S7-1200, CPU 1212C AC/DC/RLY, 6ES7 212-1BD30-0XB0.	67
Tabla 16 Características del Sensor de luminosidad SimonVIT.	74
Tabla 17 Función de cada uno de los botones de la pantalla principal.	109
Tabla 18 Funcionamiento de los iconos de la Pantalla de horarios.....	111
Tabla 19 Función de los iconos de la pantalla del control de luminarias del edificio Páez 657.	112
Tabla 20 Funciones de los botones de la pantalla de creación de reportes.	113
Tabla 21 Función de los botones de la pantalla de Trends.....	115
Tabla 22 Tabla de flujo de ingresos generados por el ahorro KWh.....	120
Tabla 23 Pliego Tarifario Tarifa G10.	122
Tabla 24 Tabla de detalle, precio, y amortización de las herramientas de software utilizadas en el proyecto.....	123
Tabla 25 Tabla de detalle, precio, y depreciación de las herramientas de hardware utilizadas en el proyecto.....	125
Tabla 26 Tabla de detalle, precio, y amortización de las herramientas de software utilizadas en el proyecto.....	126
Tabla 27 Tabla de detalle, precio, y amortización de las herramientas de software utilizadas en el proyecto.....	126
Tabla 28 Tabla de detalle de la inflación de la tasa referencial activa y pasiva y tasa de descuento.	129
Tabla 29 Índices de evaluación.	130

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Distribución zonal de las agencias SRI.....	139
Anexo 2 Red de PLC.....	162
Anexo 3 Planos de las agencias del SRI.....	163
Anexo 4 Diagramas de fuerza y mando de los tableros de iluminación.....	170
Anexo 5 Distribución de <i>breakers</i>	172
Anexo 6 Programación Labview.....	175

RESUMEN

Una buena iluminación exige atención por igual a la cantidad y a la calidad de la iluminación, por lo que se analizara las normativas sobre iluminación en interiores la que tiene el fin de proponer parámetros para crear condiciones visuales cómodas, esto conjuntamente enfocado a la realidad del país, por lo que se ha realizado un estudio de las actuales políticas concernientes al uso eficiente de electricidad y la revisión de los acuerdos ministeriales a las cual la entidad debe alinearse, eso sentara las bases para el desarrollo de un sistema distribuido de medición y control de iluminación programando una inversión, con considerable anticipación la misma que debe estar destinadas a fomentar la optimización de los recursos puestos a disposición, creando un sistema de mayor rendimiento del recurso energético en las agencias el SRI de la ciudad de Quito.

ABSTRACT

Good lighting requires equal attention to the quantity and quality of light, so you analyze the indoor lighting regulations which have to propose parameters to create comfortable visual conditions, this jointly focused on the reality of the country , so that has made a study of current policies concerning the efficient use of electricity and review of the ministerial agreements to which the entity should be aligned, that laid the foundation for the development of a distributed measurement and control programming lighting investment with considerable anticipation that it must be designed to promote the optimization of resources available, creating a high performance system energy resource in the SRI agencies Quito.

INTRODUCCIÓN

El trabajo tiene como objeto reducir el desperdicio de electricidad que existen en las principales agencias del Servicio de Rentas Internas (SRI) en la ciudad de Quito. Por este motivo el proyecto se enfocará a la mejora y optimización del sistema de iluminación.

Como parte de la estrategia de la investigación se plantea realizar los siguientes estudios:

- a) Realizar un estudio sobre la situación actual de los sistemas de iluminación de las agencias del SRI, con el apoyo de históricos semestrales.
- b) Estudiar las actuales políticas estatales sobre el manejo eficiente de la energía eléctrica amigable con el medio ambiente.

Una vez con estos argumentos se podrá diseñar un SCADA mediante el *software Labview* para el monitoreo, control y adquisición de datos de la iluminación en las tres agencias principales del SRI de la ciudad de Quito (agencia 1 Páez 655, agencia 2 Páez 656 y agencia Amazonas).

Posteriormente con el diseño del sistema se podrá realizar una prueba piloto en el primer piso del sistema de la agencia Páez 657. Para con la implementación se podrá elaborar un estudio de costo-beneficio del retorno de la inversión e informe del rendimiento, que permitan identificar el consumo energético.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

En el sector de la energía, para alcanzar la eficiencia energética, se requiere el establecimiento de políticas y estrategias de corto, mediano y largo plazo; así como de la programación de las inversiones, con considerable anticipación, las mismas que deben estar destinadas a fomentar la optimización de los recursos puestos a disposición. Sin embargo se puede evidenciar que las decisiones tomadas ahora mostrarán resultados varios meses después.

La eficiencia energética es una estrategia viable para solucionar el problema de la escasez de fondos públicos, ya que la energía utilizada para la iluminación representa entre el 30% y el 50% del costo mensual de la factura eléctrica.

En este contexto, el sector público debe “predicar con el ejemplo”, se desarrolla este proyecto. La tecnología existente, conjuntamente con los hábitos responsables de conservación de energía, permitirán un consumo menor de energía eléctrica, llevando a funcionarios, contribuyentes, en general a todas las personas a alcanzar una mejor calidad de vida.

El correcto manejo de los recursos no renovables va de la mano de un proceso cultural; educación con la que se puede contribuir a reducir los graves problemas de energía.

En contexto, el Servicio de Rentas Internas (SRI), dentro de su proceso de crecimiento y adecuación de infraestructura, basado en las nuevas políticas gubernamentales (Las políticas gubernamentales a las que se hace referencia se encuentran detalladas en la sección 2.1), se ha comprometido con el medio ambiente, estableciendo múltiples estrategias que han impulsado campañas enfocadas a la mejora energética y ambiental dentro de sus dependencias. Sus esfuerzos en el área del reciclaje le han hecho acreedor de un *Record Guinness*, ganado en octubre del 2012, que no solo reconoce su labor en esta área, sino también por su “Política tributaria ambiental”, política que se pretende replicar en varios países de la región, constituyendo de este modo una seria y responsable respuesta a las peticiones que surgen de todos los ámbitos de la sociedad.

Una de estas políticas está enfocada al plano de la energía eléctrica, principalmente al de iluminación. Se ha tomado en consideración que una buena iluminación posibilitará que los funcionarios se movilicen con seguridad y realicen tareas visuales con eficiencia, comodidad y precisión durante su jornada completa de trabajo, sin provocar fatiga visual o molestias indebidas, dando a los funcionarios un ambiente agradable para su desempeño, es decir, un entorno laboral óptimo.

Dentro de este lineamiento, el SRI desea implementar un Sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA) para la optimización del recurso energético en su área del sistema de iluminación eléctrica, con ayuda del *software Labview*, que permitirá tener un mejor control del sistema de iluminación, enfocado a cubrir las necesidades existentes.

Con la creación de la base de datos que proporciona el SCADA se podrá registrar el rendimiento del sistema de iluminación en cada zona, para realizar sus posteriores correcciones (implementación o apagado de las luminarias en zonas que ya no requieran iluminación), permitiendo así crear o mantener condiciones óptimas en las que los funcionarios puedan ejercer sus labores, sin descuidar el uso eficiente de la energía.

Este plan se aplicará a las tres agencias principales: agencia Páez 655, Páez 657 y agencia Amazonas, ubicadas en la ciudad de Quito. Sin embargo, las pruebas de este plan piloto solo se realizarán en la agencia Páez edificio 657, para demostrar su funcionalidad y rendimiento.

1.1. Problema

Los sistemas de supervisión y monitoreo que el SRI mantiene en sus agencias Amazonas y Páez son: sistema de cámaras de seguridad, control de acceso (seguridad electrónica), sistema de prevención de incendios, control de transferencia eléctrica, control del sistema de bombeo y sistema de iluminación. Sistemas que en la actualidad no funcionan al cien por ciento, en muchos de los casos sistemas caducos, debido a que no han sido actualizados y mantienen tecnología, tanto de *software* como de *hardware*, que ya no se encuentra disponible en el mercado.

La mayoría de sistemas antes mencionados han mantenido una arquitectura cerrada, que no ha permitido que con el crecimiento de las agencias y la adquisición de nuevos equipos tecnológicos, estos puedan ser implementados a los sistemas.

Las agencias Amazonas, Páez 655 y Páez 657, al ser las primeras y las más importantes en la ciudad de Quito, deben innovar su sistema de control de iluminación para estar dentro de los estándares de calidad que el Estado exige, según su política de eficiencia energética, y más que todo porque su personal merece un entorno visual óptimo.

Los sistemas de control de iluminación de las agencias mantienen arquitecturas diferentes, tanto de *software* como de *hardware* (Cifra Infra p.10), lo que, por ahora, no permite unificarlos. Pero si se cree un único sistema se logrará un control más eficiente del recurso.

La implementación y desarrollo de la programación de los sistemas fue diseñado hace una década y no se ha realizado ninguna corrección o mejora hasta la actualidad. Al desarrollar los sistemas no se tuvo en consideración el crecimiento de la entidad, crecimiento que ha dado como resultado la implementación de personal en varias áreas, además de la transferencia de personal a otros espacios, de acuerdo a sus requerimientos, lo que ha dejado pisos enteros vacíos, pero la programación hace que las luminarias se sigan encendiendo con normalidad, desembocando en un gran desperdicio de energía eléctrica que podría ser utilizada en áreas que necesitan mejorar su calidad de iluminación.

1.2. Propuesta

Impulsar la obtención de mayor eficiencia energética posible en todas las instalaciones de un edificio, entre las que se encuentra la iluminación. Por este motivo el proyecto se enfocará a la mejora y optimización del sistema de iluminación, que debe ser visto como punto primordial, tomando en consideración que la iluminación es un factor de consumo de energía que afecta a la economía de un país. El deseo es ahorrar energía y satisfacer los criterios de calidad para que las instalaciones de iluminación proporcionen los niveles suficientes y brinden

condiciones adecuadas, creando un ambiente de confort a los servidores y contribuyentes que concurren a estas dependencias.

Las agencias: Amazonas, Páez 655 y Páez 657, al ser las primeras y las más importantes en la ciudad de Quito, deben contar con un innovador sistema de control de iluminación, que debe cumplir y estar dentro de los estándares de calidad.

Por los motivos anteriormente mencionados y basados en la normativa legal que se describe en el acuerdo ministerial en los Artículos 9 y 29 (Cifra Infra p. 8), se plantea implementar un nuevo sistema que reemplace totalmente al anterior, el cual permita monitorear, supervisar y controlar de una mejor manera la iluminación, mejorando su calidad en interiores.

Este sistema contará con estándares de calidad de iluminación en interiores manteniendo sistemas que contribuyan a tener una energía eficiente.

Implementar un SCADA, con ayuda del *software Labview*, permitirá contar con bases de datos y reporte de incidentes, los cuales servirán para monitorear de una mejor manera los sistemas. Con la ayuda de los sensores de luminosidad y de presencia se suministrará energía a los lugares que realmente necesiten, haciendo más eficiente el consumo de electricidad y potenciando los beneficios de *Labview*.

Igualmente la implementación del *software Labview* permitirá contar con una arquitectura abierta, es decir, que el sistema se podrá seguir implementado en los equipos de *hardware* necesarios para tener un mejor control y realizar los cambios cuando estos lo ameriten, sin necesidad de cambiar o migrar el *software*, dejando la proyección y bases para poder unificar los sistemas mencionados anteriormente en un solo sistema.

Para cumplir con este fin se han planteado los siguientes objetivos

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Diseñar un SCADA con el uso del *software LABVIEW* para la optimización del recurso energético en el área de control del sistema de iluminación eléctrica, aplicado en tres agencias del SRI de la ciudad de Quito, conforme con las políticas de control del consumo energético, eléctrico, como mejora del medio ambiente

1.3.2. Objetivos específicos

- c) Realizar un estudio sobre la situación actual de los sistemas de iluminación de las agencias del SRI, con el apoyo de históricos semestrales.
- d) Estudiar las actuales políticas estatales sobre el manejo eficiente de la energía eléctrica amigable con el medio ambiente.
- e) Diseñar un SCADA mediante el *software Labview* para el monitoreo, control y adquisición de datos de la iluminación en las tres agencias principales del SRI de la ciudad de Quito (agencia 1 Páez 655, agencia 2 Páez 656 y agencia Amazonas).
- f) Realizar una prueba piloto en el primer piso del sistema de la agencia Páez 655.
- g) Elaborar un estudio de costo-beneficio del retorno de la inversión e informe del rendimiento, que permitan identificar el consumo energético.

1.4. Justificación

- Esta propuesta servirá para aplicar los conocimientos adquiridos durante y mediante el estudio de la carrera de ingeniería Electrónica y Sistemas Industriales.
- Desarrollar un sistema moderno que permita obtener un control eficiente de energía.
- Mejorar el sistema de iluminación, el cual permita satisfacer y mejorar el confort visual y la seguridad en los puestos de trabajo de los

funcionarios del SRI y sus usuarios, dando una sensación de bienestar que de un modo indirecto también contribuye a un elevado nivel de productividad.

- Generar un vínculo entre la empresa pública y la universidad Politécnica Salesiana, a través de la solución de problemas que permitan mejorar la atención a los usuarios.

1.5. Beneficiarios

El desarrollo de este proyecto promueve la colaboración entre la universidad y el sector público, que impulsa proyectos de mejora en dicho sector.

La implementación tendrá como beneficiarios directos a los siguientes actores:

- El Estado ecuatoriano.
- Los servidores de las agencias del SRI.
- El medio ambiente.
- Los usuarios o contribuyentes.

CAPÍTULO 2

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

2.1. Antecedentes de las políticas

Al tratar sobre la oferta y la demanda de energía se puede citar: “No se trata solamente de generar más fuentes de energía, sino de consumir mejor, con eficiencia y ahorrando” (Albornoz, 2012) Dr. Esteban Albornoz Ministro de Electricidad y Energía Renovable del Ecuador.

El gobierno actual del presidente Economista Rafael Correa Delgado genera cambios para un uso eficiente, responsable y sustentable del recurso energético que se mantiene en la actualidad, ya que, dada la importancia del sector energético como sector estratégico tanto para la economía como para la sociedad, se debe impulsar políticas que permitan promover el uso racional de la energía e introducir como política de Estado el concepto de eficiencia energética.

El Gobierno fomenta el uso eficiente de la energía, donde se incluyen: incentivos (premio de la eficiencia energética), medidas de control, (actividades de normalización y certificación energética) y esquemas de financiamiento para la implantación de programas de eficiencia energética (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2009, pág. 15).

Conforme a esto en el acuerdo ministerial 131 del Ministerio del Ambiente (publicado el Miércoles, 22 de septiembre de 2010), según Registro Oficial. No. 284, basado en el Art. 413 de la Constitución de la República del Ecuador, se acuerda en los capítulos uno y dos (Correa, 2010):

Capítulo I: BUENAS PRÁCTICAS AMBIENTALES EN ENTIDADES DEL SECTOR PÚBLICO

Art. 8.- La línea base para la gestión de buenas prácticas ambientales deberá contener lo siguiente:

- a) Estado de equipos e instalaciones.

b) Detalle del gasto de energía. Curvas trimestrales de consumo energético.

Art. 9.- Las instituciones y empresas sujetas a este acuerdo ministerial, deberán proponer alternativas de solución a los problemas identificados que limitan las buenas prácticas ambientales (p.11).

Capítulo V: ENERGÍA Y TRANSPORTE:

Art. 29.- Cada edificio e instalación de las instituciones sujetas a este acuerdo ministerial deberán revisar las instalaciones eléctricas y las alternativas para la solución de problemas encontrados en ellas (p.15).

Mediante Decreto N° 475 (del 9 de julio del 2007) se establece la creación del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable (MEER), como organismo rector del sector eléctrico y de energía renovable. Este ministerio plantea mediante normativas y planes de desarrollo crear políticas sectoriales y convertirlas en políticas de estado que sean realizadas tanto a corto como mediano y largo plazo.

Dados estos acuerdos se establece un programa de eficiencia energética en el sector público, que fomente conciencia en los trabajadores del sector y que permita iniciar una modernización energética del Estado, para reducir los consumos de energía, con el consecuente ahorro en el gasto público y mejora en los servicios que se prestan.

El MEER en su publicación “Políticas energéticas del Ecuador 2008-2020” establece:

Implementar tecnología de uso eficiente de la energía, desarrollar planes de reducción de pérdidas y promover el uso racional y eficiente de la energía en la población.

Sin embargo todo esto se puede lograr implementando políticas de eficiencia energética, para impulsar esas políticas en el sector público se establece incentivos fiscales y tributarios coordinadamente con las

autoridades respectivas para la aplicación de medidas que se aceleren los procesos de sustitución del sistemas y tecnologías ineficientes por eficiente.

Incorporación de iluminación eficiente en edificios públicos y comerciales, talleres de capacitación y sobre la conveniencia económica y beneficios ambientales de emplear sistemas con mayores eficiencias, que con los tradicionales, generar ahorros en los costos de operación con ventajas en relación costo-beneficio.

Identificación de edificios comerciales y públicos que puedan recibir auditorías energéticas para implantar medidas de eficiencia energética.

Con estas medidas se espera tener tanto un control como una concientización de la ciudadanía para tener un uso eficiente de ese recurso. (Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, 2009)

2.2. Antecedentes de la situación actual

Siguiendo el acuerdo ministerial 131 y apegado a las nuevas políticas gubernamentales dictadas por el MEER, el SRI ve la necesidad de insertar nuevos mecanismos para el control y optimización en el sistema de iluminación. Por lo que se propone como alternativa la implementación de un Sistema SCADA, debido a que administrar eficientemente la energía constituye un proceso continuo que incluye equipos de monitoreo y recolección de datos, beneficios que son características principales del SCADA (Cfr. Infra p. 61). El sistema servirá tanto para el manejo eficiente de electricidad como para la toma de acciones sobre los resultados encontrados.

El control de iluminación que se mantiene en la actualidad en las agencias Páez y Amazonas es un sistema que fue incorporado hace más de una década, en la actualidad con mecanismos de control caducos. En la agencia Amazonas estos mecanismo son poco eficaces o simplemente su diseño no fue enfocado a la incorporación de una iluminación eficiente. Las agencias Páez están automatizadas, pero su programación consiste en realizar un control ON/OFF de las luminarias, sin embargo, el sistema no permite realizar un control eficiente de iluminación. Según

el Art. 29 (Art. Cit. p.8) se debe iniciar procesos de sustitución de sistemas y tecnologías ineficientes por eficientes y dar alternativas de solución de problemas eléctricos que han sido identificados.

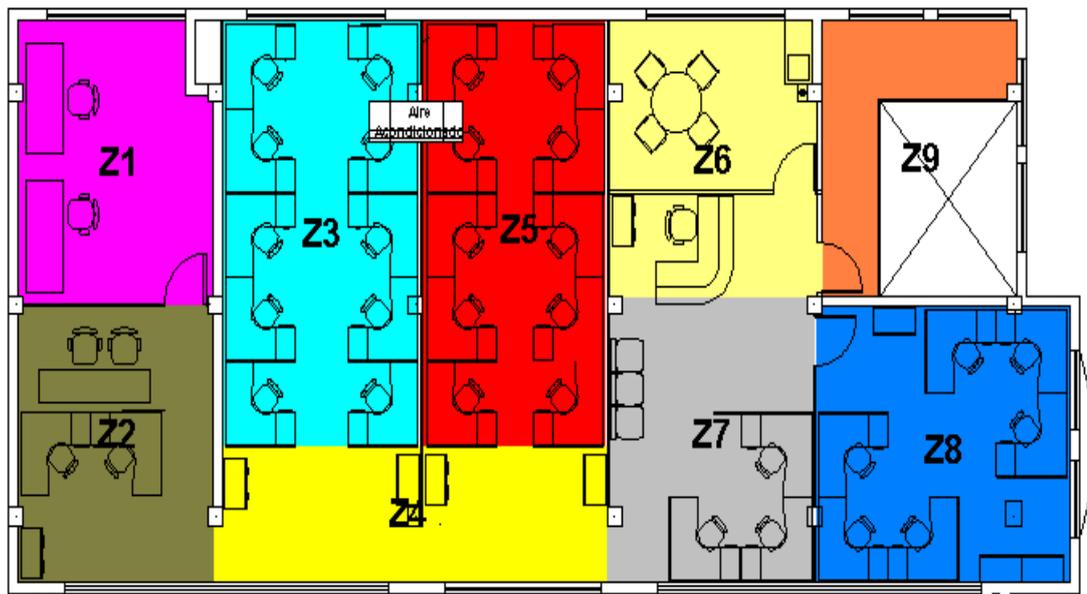
A continuación se detallarán tanto los equipos de *software* como *hardware* con los que se está realizando el control y gestión de iluminación en las agencias que se plantea el estudio.

2.2.1. *Hardware* y *software* edificio Páez 655 y 657

Para realizar el control de iluminación se ha dispuesto de la siguiente manera:

Primero se ha zonificado los pisos de cada edificio de nueve a diez zonas dependiendo de las dimensiones de estos, independientemente de la cantidad de luminarias a controlar dentro de cada sector, como se puede observar en la Figura 1.

Figura 1: Distribución zonal del primer piso del Edificio Páez 657



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias.

La Figura 1 muestra la distribución zonal del primer piso del edificio 657(La distribución de zonas de cada piso se las puede observar en el Anexo 1).

Las luminarias dentro de cada zona han sido armadas en circuitos independientes (como se observa en la Figura 2) las cuales son protegidas por

medio de *breakers*, mismos que se encuentran ubicados en los ductos de cada piso mostrados en la Tabla 1.

Tabla 1 Distribución de circuitos en la caja de breakers Primer piso edificio Páez 657.

SISTEMA DE ILUMINACIÓN					
PRMER PISO					
UBICACIÓN TABLERO PRIMER PISO PÁEZ 657					
Breaker 1	P1_C1	Centro de Control	Breaker 2	P1_C2	Mantenimiento Electrico
Breaker 3	P1_C3	Telefonia	Breaker 4	P1_C4	Pasillos departamento Financiero
Breaker 5	P1_C5	Seguros bienes y P	Breaker 6	P1_C6	Auditoria interna
Breaker 7	P1_C7	Administrativo / Jefe mantenimiento	Breaker 8	P1_C8	Mantenimiento Infraestructura
Breaker 9	P1_C9	Escaleras	Breaker 10	P1_C10	Reserva
Breaker 11	P1_C11	Reserva	Breaker 12	P1_C12	Reserva

Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias.

Figura 2 Caja de *breakers* del primer piso del Edificio Páez 657.



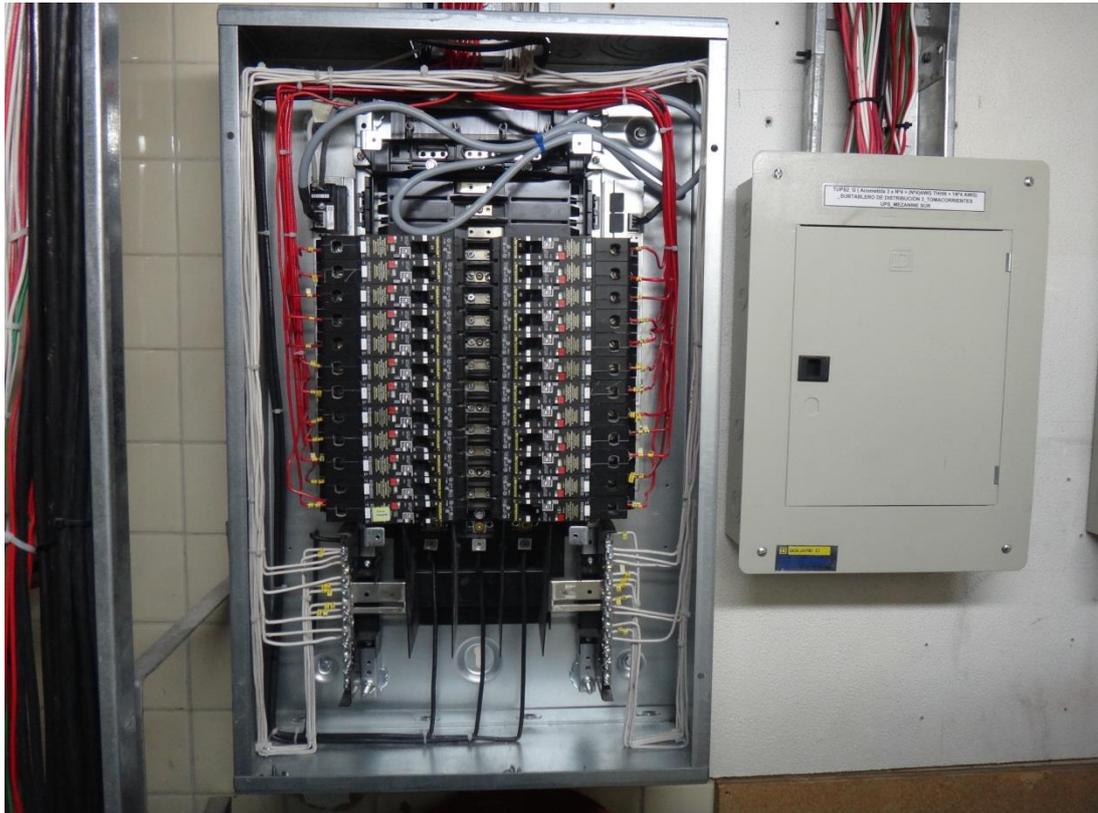
Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias.

Estas cajas de *breakers*, como se observa en la Figura 2, son conectadas a un tablero principal (Figura 3) que cuentan con un PLC MODICON el que se

encargada de realizar el control de iluminación. La distribución de estos tableros es la siguiente:

- Edificio Páez 655: en los pisos uno y tres.
- Edificio Páez 657: pisos dos, cuatro, seis y ocho.

Figura 3. Tablero Principal de control de iluminación del primer piso y planta baja.



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias.

Para visualizar de una mejor manera la red de PLC's se ha realizado un corte vertical al edificio Páez 655, en el cual se puede observar la distribución de PLC's con los que se cuenta para poder realizar el control de iluminación (Anexo 2).

Los PLC's para su comunicación utilizan el protocolo ModBus, los cinco autómatas del edificio 655 y uno del edificio 657 serán los esclavos los cuales son conectados a contactores y estos son dirigidos mediante la interfaz RS-232 a un PLC maestro ubicado en la edificio 657.

El equipo que está siendo utilizado para realizar el control de iluminación es un PLC MODICON de Telemecanique como se puede observar en la Figura 4. Los

archivos del *software* disponibles en el CD-ROOM de instalación del PLC TX PREMIUM son compatibles únicamente con los sistemas operativos Windows 95/98 y NT (32 bits), ya que la versión del sistema operativo V1.1 del PLC MODICON fue lanzada en junio del 1999.

Los sistemas operativos anteriormente mencionados se hallan obsoletos debido al crecimiento tecnológico, en la actualidad existen versiones mucho más actualizadas y diseñadas para satisfacer las demandas de las nuevas tecnologías, como es el caso de Microsoft con el lanzamiento de su nuevo sistema operativo a inicios del 2012, Windows 8, haciendo que encontrar instalado Windows 98 en algún ordenador de la actualidad sea una tarea de búsqueda exhaustiva. No tiene sentido alguno mantener un sistema operativo arcaico, sin embargo, también se debe recordar que esa versión y marca de PLC ya no está disponible en el mercado.

Figura 4. PLC MODICON TSX Premium.



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias.

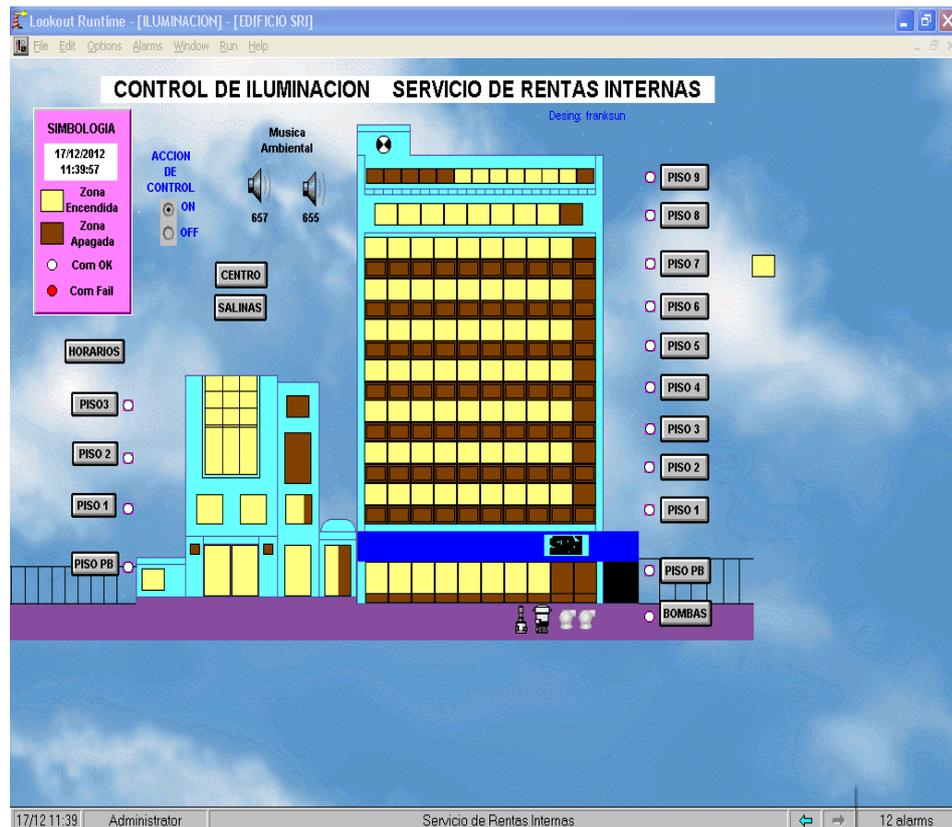
En la Figura 4 se puede observar el PLC MODICON TSX Premium que es utilizado como maestro, este realizará el control de iluminación en las agencias de la Páez, el cual se conecta al ordenador ubicado en el centro de control de la agencia

Páez 657, que cuenta con el *software* de *Lookout* versión 4.5.1 el que realiza el control de encendido y apagado de las luminarias. Cada piso cuenta con interruptores que están desactivados, ya que el control de encendido y apagado se lo realiza a través de este centro de control.

En la Figura 5 se muestra la ventana principal de *Lookout* en el que está realizado el ambiente gráfico con la que los operadores pueden controlar, apagar o prender las luminarias de cada piso de estos dos edificios.

Con el fin de incorporar tecnología de vanguardia, se adquirirá el *software* de control de procesos *Labview*. La National Instruments (NI), propietaria y creadora del *software Lookout*, ha sacado una versión de *software* mejorado, *Labview*, que hoy en día se encuentra vigente y disponible en su versión *Labview 2012 summer*, que cuenta con el paquete de *Labview DSC (Dataloggin and Supervisory Control)* (Cfr. Infra p.78), que es una versión mucho más avanzada y que en especial posee una librería que permite realizar un control SCADA eficiente, con características mejoradas que las que presenta *Lookout, software* con el que se dispone en la agencia, pero que actualmente ya no se encuentra en el mercado.

Figura 5. Ventana de Lookout del sistema de iluminación



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias.

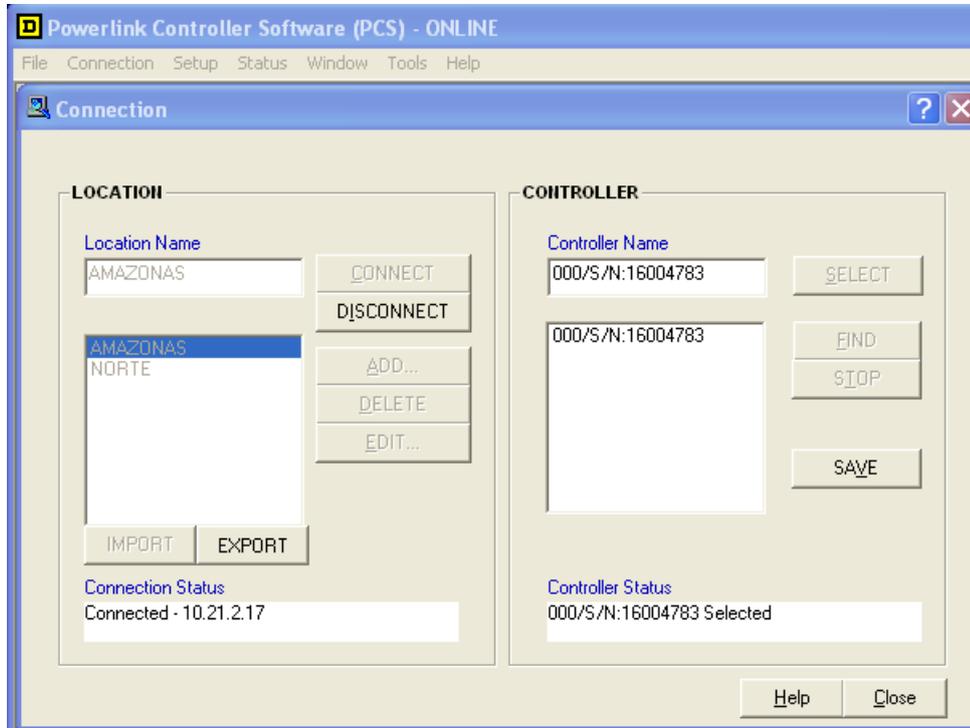
El sistema y los equipos mencionados anteriormente se encuentran incorporados solamente en las agencias Páez, ahora se detallará el sistema con el que se realiza el control en la agencia Amazonas.

2.2.2. Hardware y software en el edificio Amazonas

En la Dirección Nacional ubicada en el edificio Amazonas no se planteó la utilización de PLC's para el control de iluminación, debido a que en esa época, el adquirir estos equipos tenían un costo realmente alto, pues los PLC's en el país se utilizaban a nivel de multinacionales e incorporar este *hardware* para realizar un control de encendido y apagado de luminarias no era nada viable, por esta razón como alternativa económica se adquiere el *software* de *PowerLink Controller Software (PCS)*, un sistema diseñado especialmente para el control de iluminación, pero que en la actualidad es deficiente debido a la falta de actualización de *software*, pues el control de encendido toma mucho tiempo y la comunicación se pierde,

dejando así sin control a estas agencias debido a problemas que presenta dicho *software*.

Figura 6. Pantalla de PowerLink Controller Software.



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias.

El control de iluminación de esta y de otras agencias de Quito se lo observa en la Figura 6 (en esta ventana puede seleccionar entre las agencias Amazonas y Norte).

El *software* PCS se encuentra comunicado mediante un protocolo de comunicación Ethernet al *hardware* PowerLink G3 (Cfr. Infra p.22) que se encuentra en la agencia Amazonas.

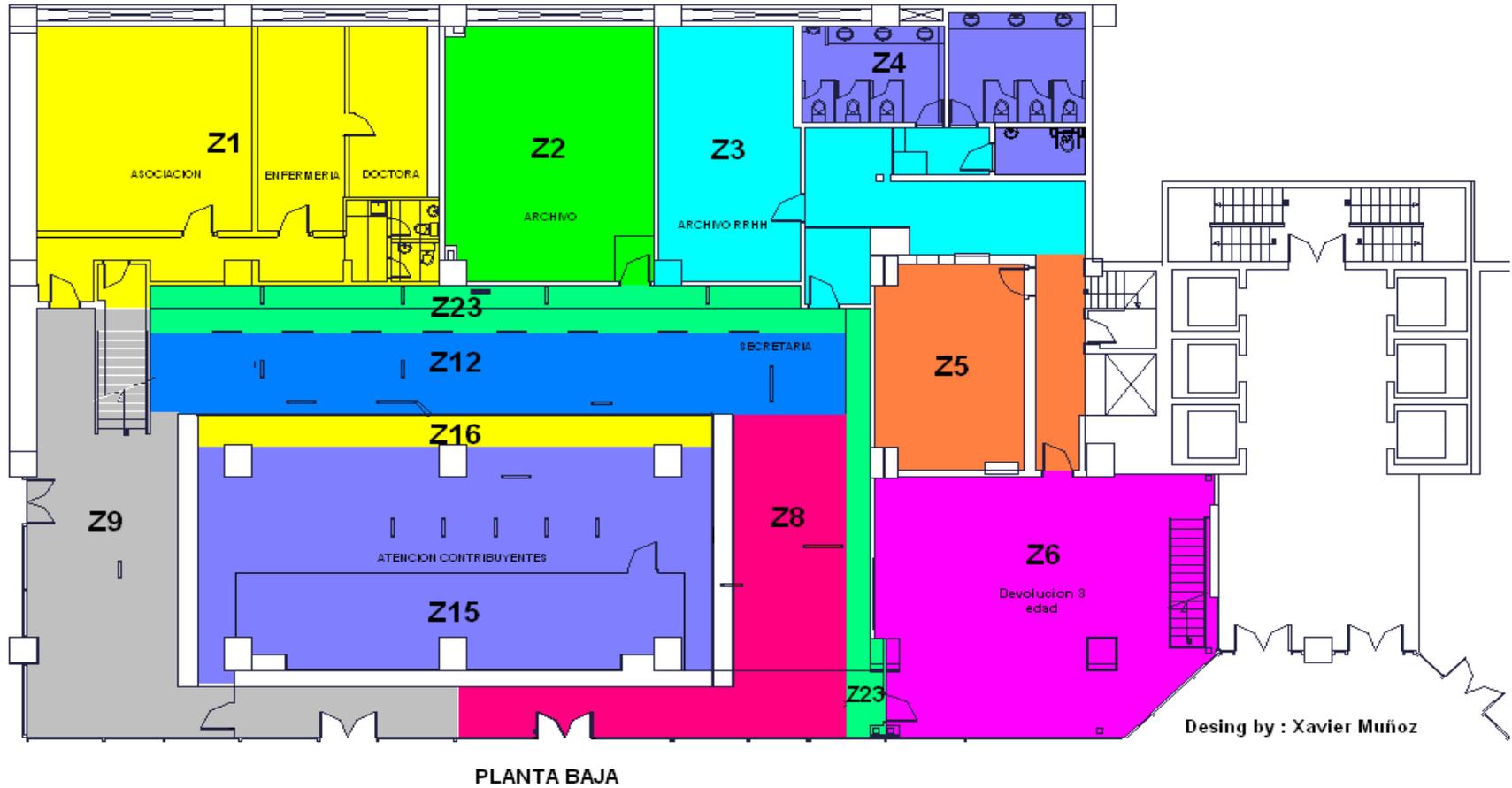
Al igual que las agencias de la Páez, se ha zonificado, pero esta vez no en diez zonas debido a la extensión de cada piso de esta agencia y a la mayor cantidad de luminarias que aquí se necesita:

- 42 zonas, el primer piso.
- 24 zonas, entre el Altílo y la planta baja.
- 24 zonas, *Mezannine*.

Como se muestra en la Figura 7 y Figura 8 la zonificación de la Planta Baja y el Altillo respectivamente, están unificadas en un solo tablero debido a la cercanía de su ubicación.

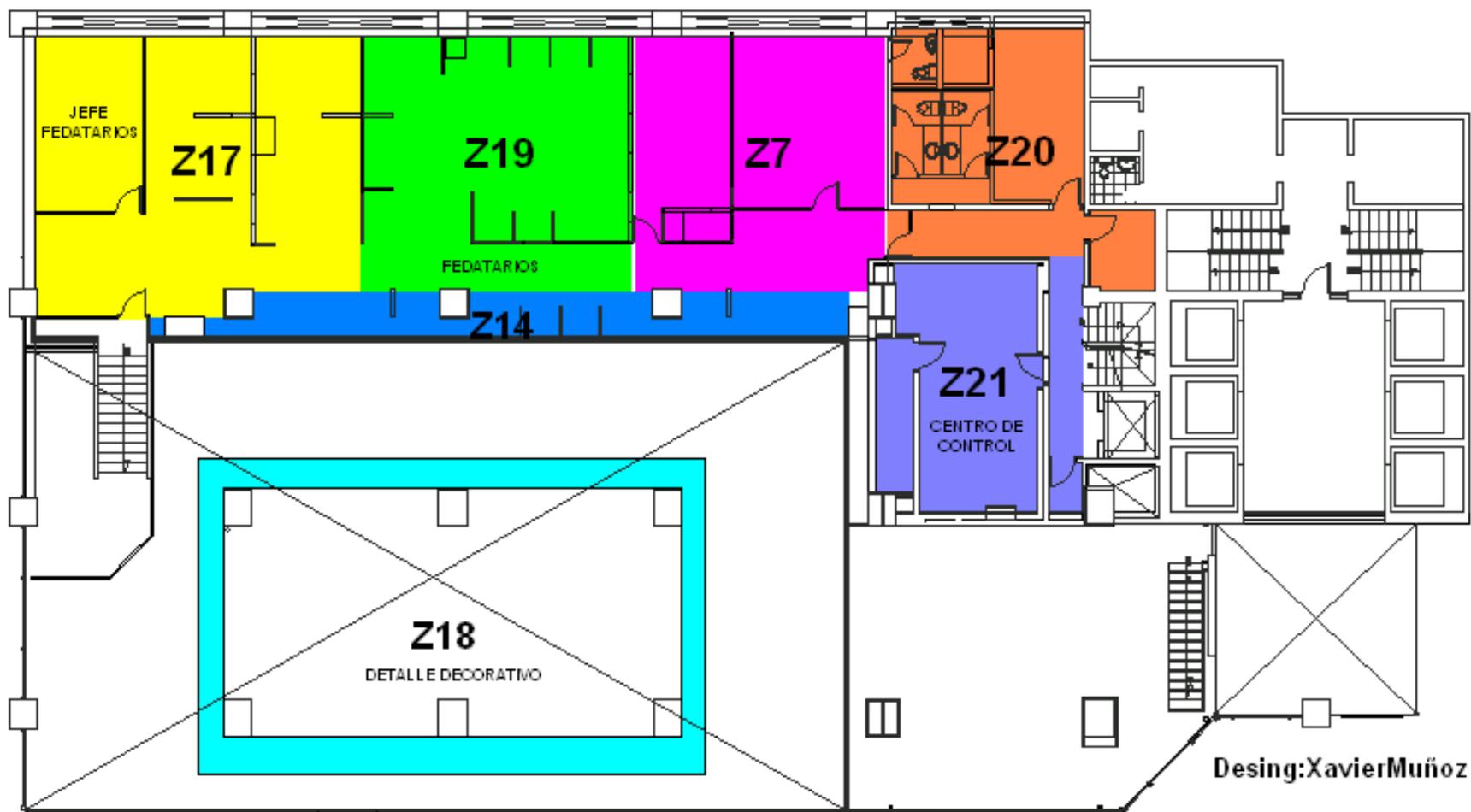
La asignación de los *breakers* de acuerdo a las zonas que se puede observar en las Figuras 7 y 8 se lo encuentra en la Tabla 2.

Figura 7. Zonificación de la Planta Baja de la agencia Dirección Nacional ubicado en el edificio Río Amazonas



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias.

Figura 8. Zonificación del Altílo de la agencia Dirección Nacional ubicado en el edificio Río Amazonas



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Tabla 2 Zonas de iluminación y distribución de breakers en el edificio Amazonas

SISTEMA DE ILUMINACIÓN					
TABLERO POWER LINK MASTER					
PLANTA BAJA Y ALTILLO					
UBICACIÓN TABLERO CUARTO EQUIPOS ALTILLO					
Breaker 1	PB_C1	Asociación de empleados	Breaker 2	PB_C2	Archivo Seg. Reg.
Breaker 3	PB_C3	Archivo RRHH / Hall central / Hall archivo financiero	Breaker 4	PB_C4	Baños
Breaker 5	PB_C5	Hall archivo financiero / Archivo financiero / Hall dispensario medico	Breaker 6	PB_C6	Dispensario médico
Breaker 7	PAL_C18	Fedatarios fiscales	Breaker 8	PB_C8	Atencion al contribuyente
Breaker 9	PB_C9	Ingreso a Altillo / Supervisor regional / Sala regional	Breaker 10	PB_C10	Atencion al contribuyente
Breaker 11	PB_C11	Ingreso a Altillo / Supervisor regional / Sala regional	Breaker 12	PB_C12	Despacho / Control / Archivacion
Breaker 13	PB_C13	Sala espera supervisor / Atencion al contribuyente	Breaker 14	PAL_C16	Prevención de infracciones
Breaker 15	PB_C15	Sala espera supervisor / Atencion al contribuyente	Breaker 16	PB_C14	Despacho / Control / Archivacion
Breaker 17	PAL_C17	Jefe de infracciones / Apoyo jurídico / Analistas	Breaker 18	PB_C7	Detalle decorativo Hall Central
Breaker 19	PAL_C19	Bodega / Militares / Vestidor	Breaker 20	PAL_C20	Cuarto de aire acondicionado
Breaker 21	PAL_C21	Cuarto de Equipos	Breaker 20	PAL_C22	Dispensador Médico
Breaker 23	PB_C23	Contorno del hall central planta baja	Breaker 21	E_C24	Iluminación de emergencia Planta Baja y Altillo

Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias.

Para observar el resto de distribución de los circuitos de este edificio remitirse a el Anexo cuatro.

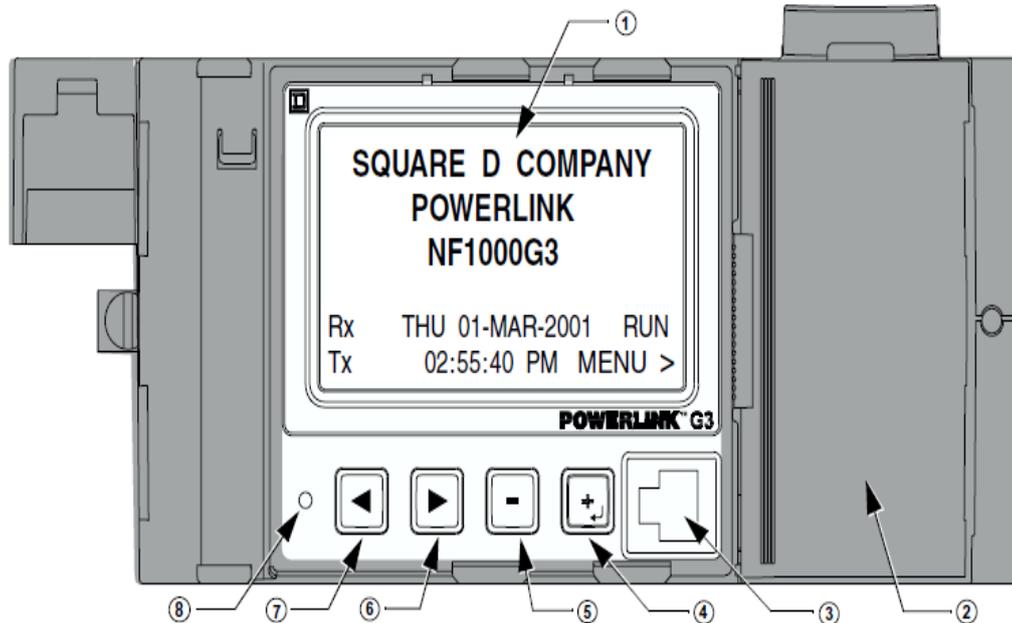
A continuación una breve descripción del *hardware* que está siendo utilizado en la agencia Amazonas.

2.2.2.1. Descripción del *hardware PowerLink G3 Controller Version 2.0.*

Los productos del sistema *PowerLink G3* son de propiedad de la empresa Schneider Electric, los tableros inteligentes que ellos ofrecen son diseñados con el fin de ahorrar energía eléctrica, principalmente en instalaciones comerciales cuando su demanda es mayor o igual al 30% de la carga instalada. Sus beneficios principales son el ahorrar espacio, tiempo en el diseño y costos en los trabajos de instalación (SCHNEIDER ELECTRIC , 2001).

2.2.2.1.1. Módulo de control NF1000G3

Figura 9. Descripción general del panel frontal NF1000G3



Fuente: Schneider Electric, 2001.

Tabla 3. Partes del controlador del panel frontal

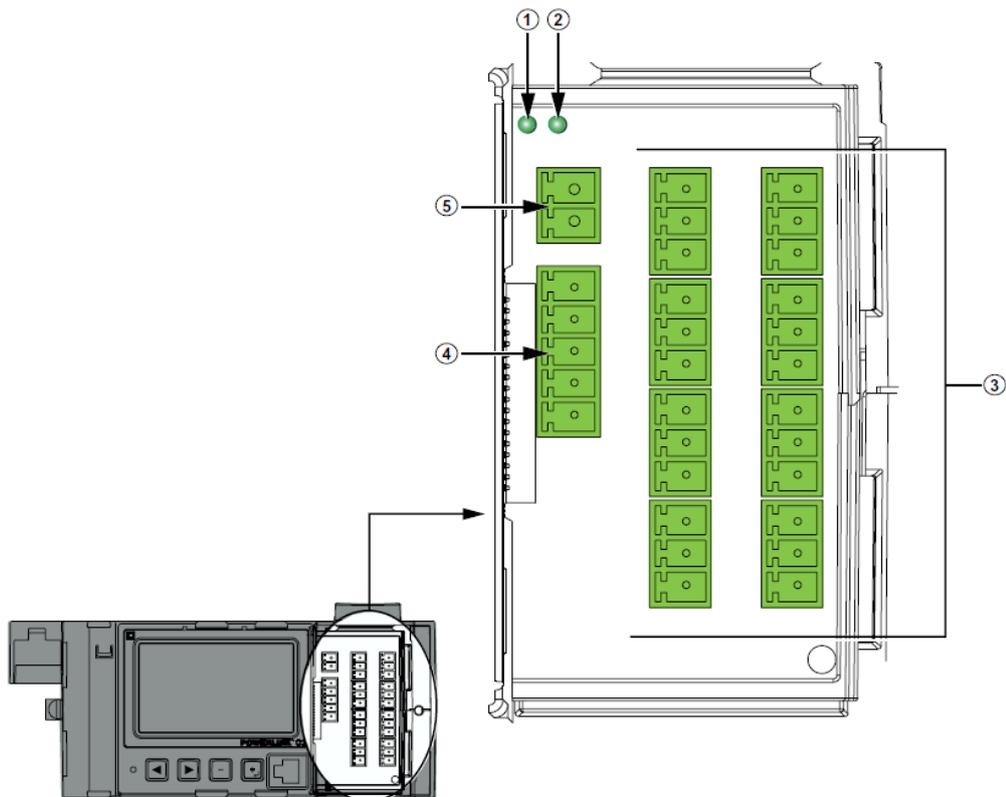
Componente	Descripción
1. Pantalla LCD	La pantalla LCD muestra la información para configurar y operar.
2. Tapa de compartimiento	Protege la entrada y terminales de comunicaciones.
3. Puerto RS-232	Para la comunicación temporal al PC o modem. Para conectar al PC o modem al controlador frontal panel del cable serial requiere NFFPCG3.
4. Llave Plus	A través de las opciones en la pantalla LCD seleccionar elementos en la pantalla. Si el cursor está en un campo numérico, la tecla Plus aumenta el valor.
5. Llave menos	<i>Deselecciona</i> elementos en la pantalla. Si el cursor está en un campo numérico, la tecla Menos se reduce el valor.
6. Tecla siguiente	Mueve a la siguiente opción en la pantalla LCD.
7. Tecla atrás	Mueve a la opción anterior en la pantalla LCD.
8. Botón de reinicio	Reinicia el controlador

Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias.

En la Tabla 3 se puede observar las partes del controlador *PowerLink G3* haciendo referencia a la Figura 10. Este módulo de control, NF1000G3, tiene como características (SCHNEIDER ELECTRIC, 2001):

- Comunicación Remota
- Interfaz E/S
- Programación por tiempo
- Pantalla LCD
- Programación en pantalla
- 16 entradas, 16 zonas de control

Figura 10. Controlador del compartimiento de cableado



Fuente: (Schneider Electric, 2001)

Tabla 4 Componente del compartimiento de cableado ubicada en el controlador del panel frontal

Componente	Descripción
1. LED de estado de alimentación	Cuando se enciende, indica que la retroalimentación de la fuente de alimentación está funcionando correctamente.
2. LED fuente auxiliar	Cuando se enciende, indica que los 24 Vdc de la fuente de alimentación auxiliar están funcionando correctamente.
3. Terminales de entrada (1-16)	Utilice estos terminales para conectar un dispositivo de conmutación externo de contacto seco.
4. Terminales de comunicación	Utilice estos terminales para conectar RS-232 o RS-485 circuitos de comunicación externa.
5. Terminales de energía auxiliar	Utilice estos terminales para el suministro de 24 V CC a 100 mA (máximo) de potencia a los dispositivos externos.

Fuente: (Schneider Electric, 2001)

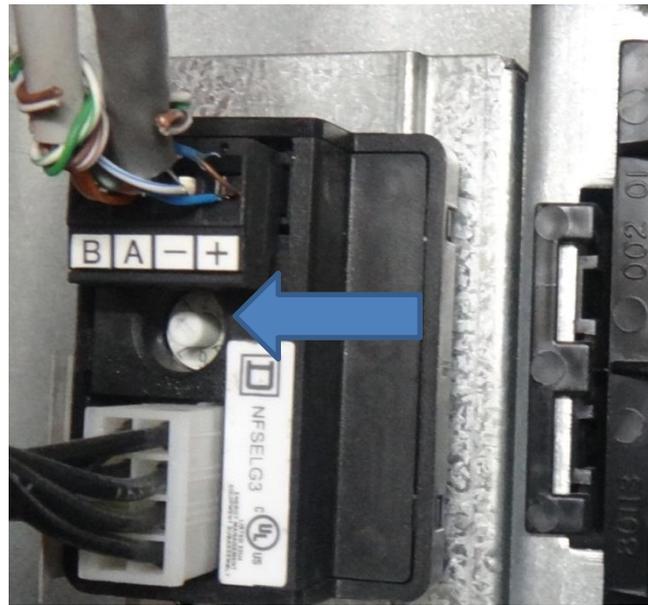
En la Figura 10 se observa los componentes del compartimiento del cableado ubicados en el controlador del panel frontal, la descripción de estos componentes se detallan en la Tabla 4.

Este sistema necesita un solo controlador, ya que, utilizando los beneficios de la configuración maestro-esclavo, un solo tablero maestro puede controlar hasta 168 circuitos derivados en ocho buses de control.

Por esta razón en la agencia Amazonas se tiene un tablero maestro y dos tableros esclavos.

Para que los esclavos puedan ser identificados en esta configuración, cada uno de los tableros debe tener una dirección única e irrepitable, para la selección de la dirección del esclavo se lo realiza mediante un *switch* rotativo que tiene ocho posiciones, estas se encuentran etiquetadas de 0-7 (como se observa en la Figura 11), se debe recordar que la dirección (0) se encuentra reservada para el control maestro.

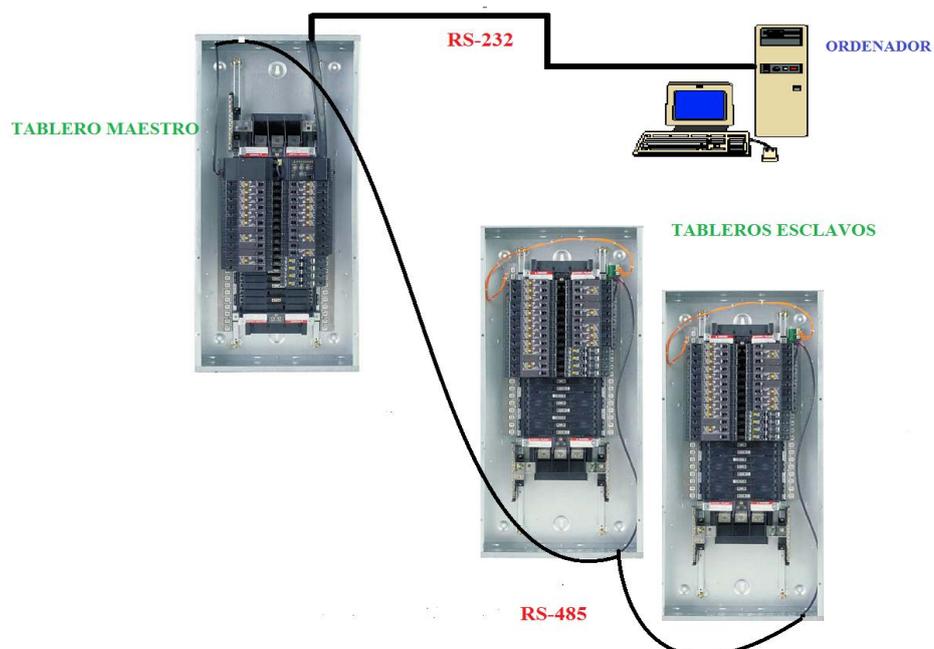
Figura 11. Selector de dirección de esclavos NFSELG3



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

La comunicación entre tableros esclavos se lo hace mediante el estándar de comunicación RS-485(estándar de comunicaciones en el bus.) y la comunicación del tablero maestro al computador se lo realiza mediante RS-232 como se ilustra en la Figura 12

Figura 12 Configuración de conexiones del tablero maestro



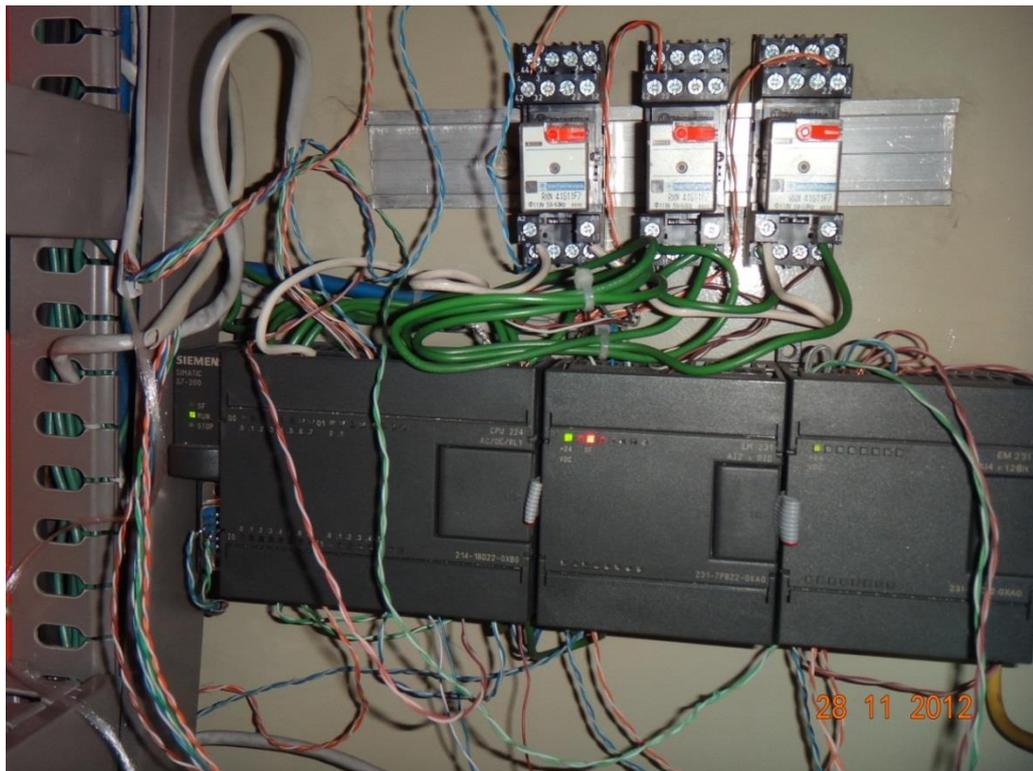
Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

La computadora se conecta a la red teniendo un IP (*Internet Protocol* por sus siglas en ingles) público para ser controlada remotamente desde un centro de control, como se explicó anteriormente.

Dados estos argumentos y tratando de mantener un lineamiento de eficiencia energética, se plantea migrar todo el sistema de control de iluminación a un sistema actualizado, que permita cumplir con los requerimientos de las políticas de eficiencia energética que se encuentran vigentes en el país.

Para el control se migrará a PLC's SIMATIC S7-1200 de Siemens, dado que los beneficios de estos PLC's (Cifra Infra p. 62) son de mejor prestaciones que las presentadas por el PLC MODICON TX- PREMIUM y con un *software* que puede ser utilizado en el actual sistema operativo que dispone el SRI.

Figura 13. PLC SIMATIC S7-200 de SIEMENS disponible en la agencia Páez 657



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Sin embargo, se utilizará también unos PLC's de la gama S7-200, debido a que las agencias Páez disponen ya de estos PLC's (como se observa en la Figura 13), pero algunos no están siendo utilizados y en otros casos se encuentra subutilizada su capacidad, ya que en ellos se encuentra realizando un control de temperatura muy

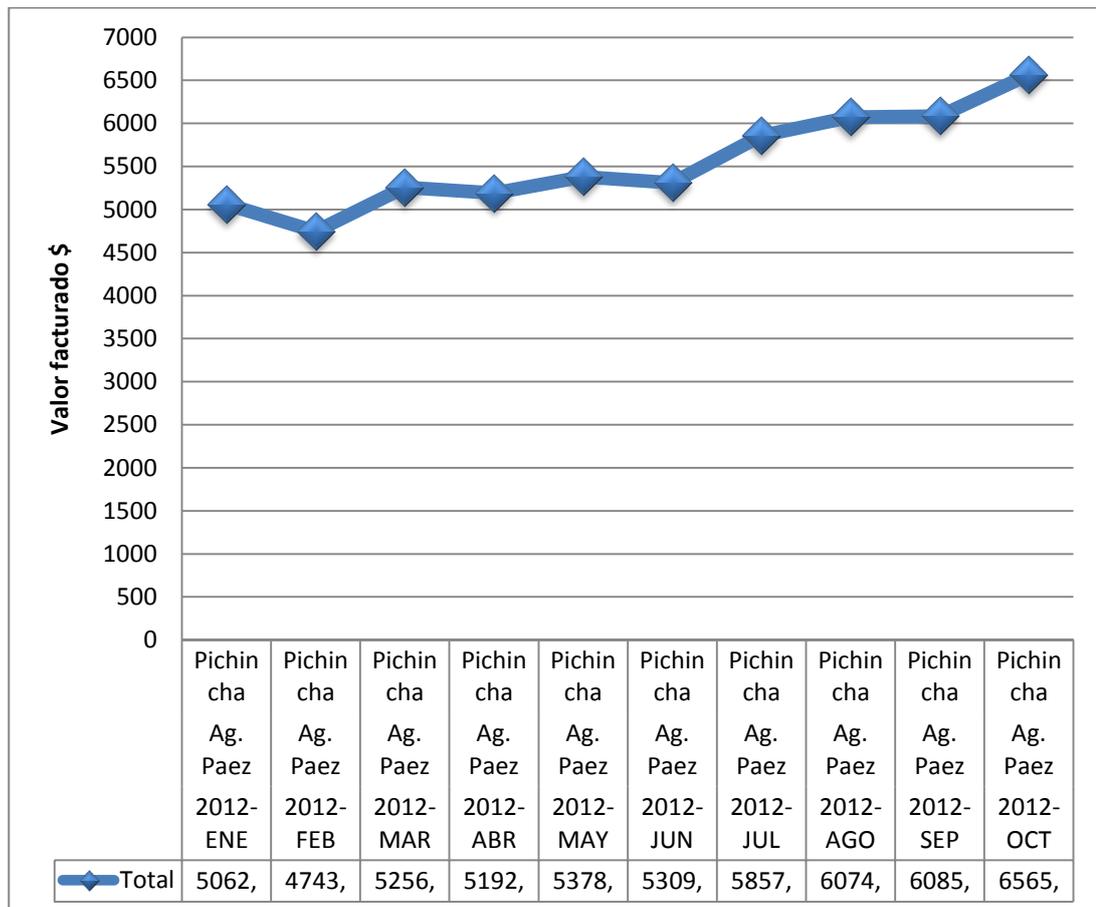
sencillo. La optimización de estos PLC's dará como resultado final la utilización de los recursos disponibles, sacándoles provecho, evitando la compra de nuevos equipos.

Igualmente este sistema será unificado en uno y el control se lo realizara mediante el *software* de *Labview*.

2.3. Análisis de los históricos

Para observar la tendencia del consumo eléctrico de las agencias Páez 655, 657 y Amazonas se realizarán gráficos basados en los consumos históricos que se ha mantenido en estas agencias, partiendo desde el mes de enero hasta el mes de octubre del mismo año, 2012, con esta información se podrá realizar un análisis del comportamiento y posteriormente realizar proyecciones de disminución que se espera tener al implementar el sistema SCADA con el *software* de *Labview*.

Figura 14. Consumo de energía eléctrica, Regional Norte Pichincha, agencia Páez



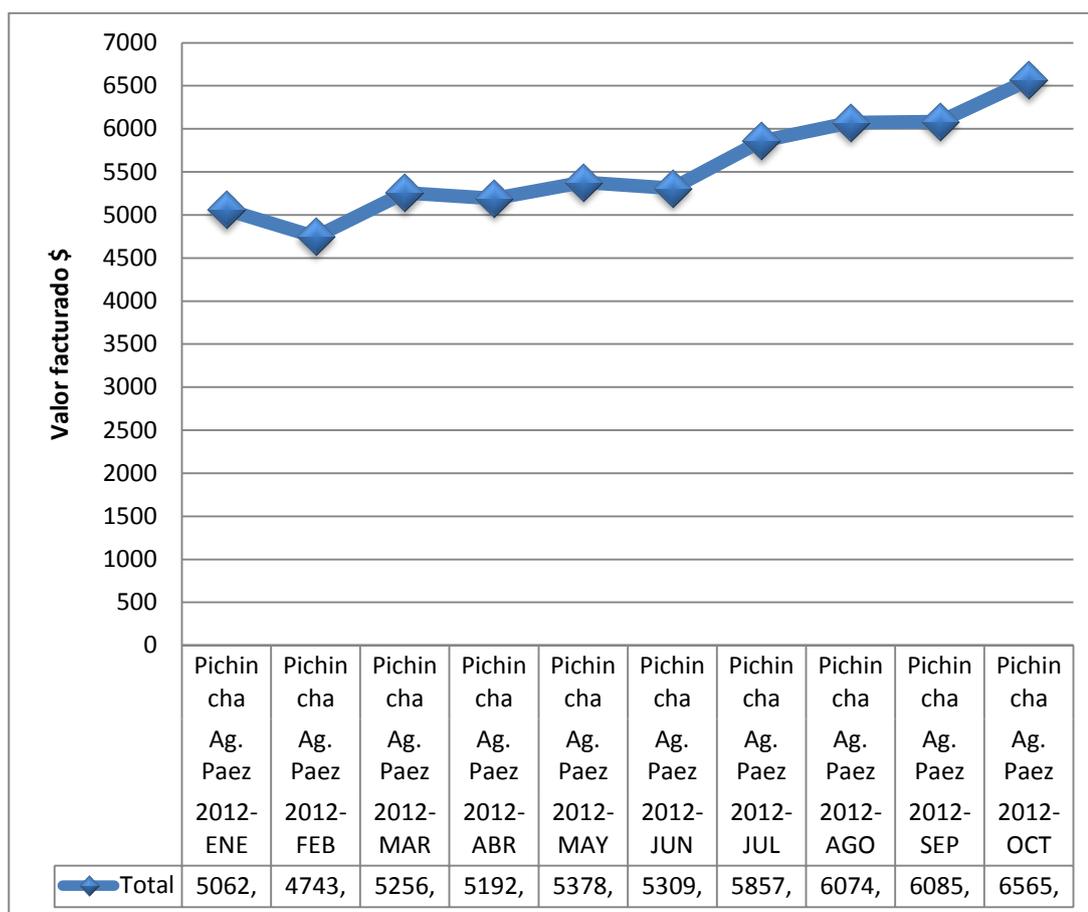
Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Se puede observar en la Figura 14 el consumo de electricidad del año 2012, en la Regional Norte, comprendida por las agencias Páez 655 y 657 y en la Figura 15 el consumo de energía eléctrica en la Dirección Nacional comprendida por la agencia Amazonas.

En la Regional Norte (Figura 15) se observa un consumo mayor, eso se debe a que los edificios 655 y 657 tienen un medidor común y, además, allí se encuentra ubicada toda la infraestructura de comunicaciones.

El aumento que se puede observar a partir del mes de julio se debe a las ampliaciones y adquisiciones de nuevos equipos de comunicaciones dentro del proceso de crecimiento y adecuación, enfocados a mantener un estándar de calidad alto ya que el nivel de complejidad y transmisiones de datos exige un nivel óptimo.

Figura 15. Consumo energía eléctrica en la Regional Norte Pichincha, agencia Amazonas



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

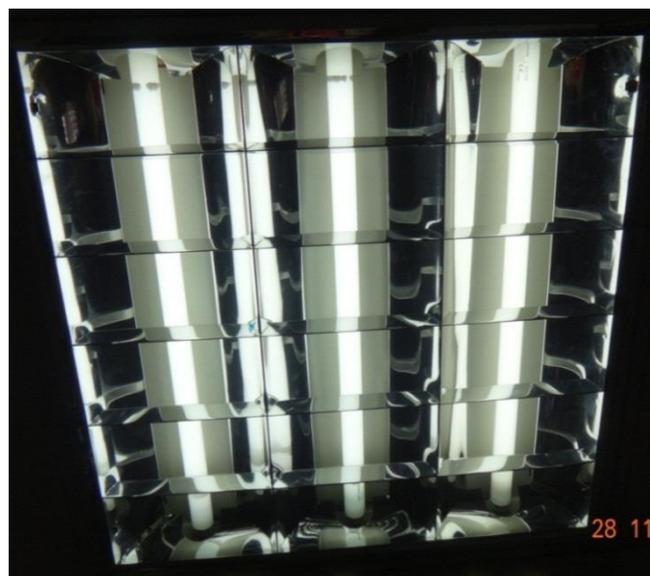
La Dirección Nacional ubicada en el edificio Amazonas mantiene un consumo casi constante de energía (como se observa en la Figura 15), pues aquí se encuentra la mayoría de personal administrativo y una pequeña área que se encuentra en la planta baja dedicada para atención al contribuyente.

Los equipos utilizados en el área que dispone el SRI no sobrepasan los usos básicos de: copiadoras, impresoras y computadoras, por eso el consumo es menor, sin embargo, esta agencia también cuenta con un pequeño cuarto de equipos de comunicación y del circuito cerrado de televisión (CCTV).

2.4. Análisis del sistema de iluminación

El sistema de iluminación que actualmente dispone el SRI en sus agencias está compuesto por luz natural y luminarias fluorescentes (17W color blanco con dimensiones 60x60 cm) como se muestra en la Figura 16. Las lámparas fluorescentes tienen una eficiencia energética mucho más elevada que las lámparas incandescentes (aproximadamente unos 80 lúmenes/vatio) y su vida media también es bastante mayor (8.000 horas).

Figura 16. Luminarias fluorescentes para cielo falso 60 x 60 cm. 120 V AC, 3 x17 W, 60 Hz



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Las estaciones de trabajo en las agencias de la Páez se han dispuesto de manera que estén cerca de los ventanales (como se observa en la Figura 17), haciendo que la

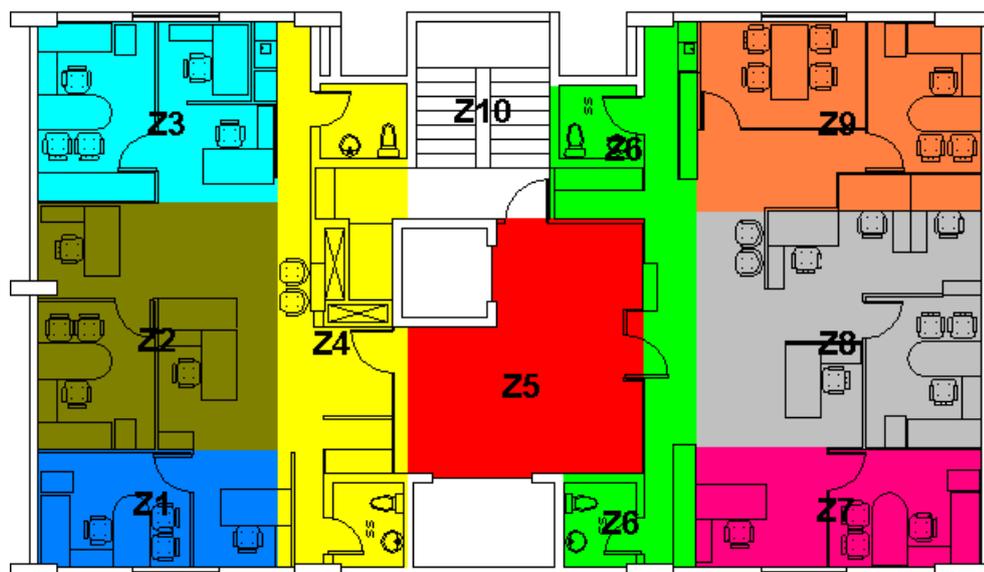
mayor parte de la jornada laboral se tenga buena iluminación natural, incluso en ciertas áreas se tiene luz excesiva, que debe ser controlada con el cierre parcial o total de las persianas.

Figura 17. Ubicación de puestos de trabajo cerca a las ventanas, Piso 1 edificio Páez 657



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Figura 18. Ubicación de puestos de trabajo cerca a las ventanas, Piso 1 edificio Páez 655



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Las estaciones de trabajo en la agencia Amazonas también se encuentran cerca de los ventanales, pero estos son color bronce lo que no permite el paso generoso de luz exterior, a diferencia de la agencia Páez (los planos de este edificio se encuentran en el Anexo dos), haciendo que se deba utilizar una mayor cantidad de luminarias para tener luz a lo largo de toda la jornada laboral.

Las luminarias, en un 90%, se encuentran en buen estado ya que se realiza periódicamente mantenimiento y cambio de lámparas quemadas, no obstante, en ciertas áreas, *halls*, de cada piso la iluminación no es la adecuada por la ubicación y sistema de iluminación.

Con el fin de evaluar y tener una línea base se realizó una serie de mediciones con un luxómetro, esta información nos permitirá observar el estado actual de los niveles de luminosidad en cada área, los datos obtenidos se cotejarán con una normativa internacional, se ha tomado en cuenta dicha normativa ya que actualmente el país no cuenta con ninguna normativa o ley sobre la iluminación en interiores.

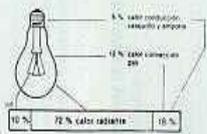
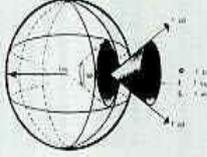
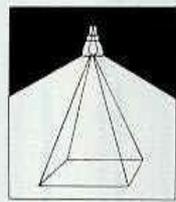
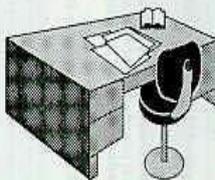
Con esta información se podrá evaluar y analizar si el sistema de iluminación actual es el óptimo, para que en el momento de elaborar el diseño se tenga en cuenta ciertos parámetros y poder ver en qué áreas se pueda optimizar este recurso energético.

2.5. Conceptos de iluminación

Para poder hablar de iluminación se requiere conocer varios conceptos, magnitudes y unidades concernientes a la iluminación, estos conocimientos darán las herramientas para interpretar de manera correcta la información posteriormente proporcionada en el desarrollo de este trabajo.

En la Tabla 5 se detalla criterios básicos relacionados a la iluminación: con sus respectivas unidades, definiciones y sus relaciones matemáticas (Ministerio de Trabajo y asuntos sociales España, 2012).

Tabla 5 Cuadro de definiciones de iluminación

MAGNITUD	SIMBOLO	UNIDAD	DEFINICION DE LA UNIDAD	REPRESENTACION GRAFICA	RELACIONES
FLUJO	Φ	LUMEN (lm)	Flujo luminoso de la radiación monocromática de frecuencia 540×10^{12} Hertz y un flujo de energía radiante de 1/683 vatios.		$\Phi = I \times \omega$
INTENSIDAD LUMINOSA	I	CANDELA (cd)	Intensidad luminosa de una fuente puntual que emite un flujo luminoso de un lumen en un ángulo sólido de un estereoradian.		$I = \frac{\Phi}{\omega}$
NIVEL DE ILUMINACION (ILUMINANCIA)	E	LUX (lx)	Fujo luminoso de un lumen que recibe una superficie de 1 m ² .		$E = \frac{\Phi}{S}$
LUMINANCIA	L	CANDELA por m ² (cd/m ²) CANDELA por cm ² (cd/cm ²)	Intensidad luminosa de una candela por unidad de superficie.		$L = \frac{I}{S}$

Fuente: (Hernández, 2012, pág. 4)

Flujo luminoso y la intensidad luminosa

El flujo luminoso indica la potencia. La intensidad luminosa indica la forma en que la luz se distribuye en el espacio. Estas son magnitudes características propias de las fuentes

Nivel de iluminación

El nivel de iluminación indica la cantidad de luz que ha incidido sobre la superficie de un objeto, esta magnitud es característica del objeto iluminado y su unidad es representada por el Lux (Cifra Infra).

El nivel de iluminación de un área de trabajo debe adaptarse a la tarea y a las condiciones en la que es desarrollado un trabajo. Con el fin de establecer el nivel de

iluminación óptima, se han desarrollado varias normativas para regular el nivel de iluminación de acuerdo a la tarea desempeñada (Cifra Infra p.34).

Lux

“Flujo luminoso de un lumen que recibe una superficie de 1 m² cuando sobre ella incide, uniformemente repartido, un flujo de un lumen” (Sanz, 2011).

Luminancia

Es una magnitud característica de una superficie iluminada en una dirección dada, ya que indica la mayor o menor claridad con la que se ve los objetos igualmente iluminados.

Se puede decir que lo “que el ojo percibe son diferencias de luminancia y no de niveles de iluminación” (Chavaria, 2012).

Distribución de luminarias

La distribución de las luminancias en el campo visual controla el nivel de adaptación de los ojos, lo cual influye en la visibilidad de la tarea.

Se necesita una adaptación bien balanceada de la luminancia para incrementar: La agudeza visual (nitidez en la visión). Sensibilidad de contraste. Eficiencia de las funciones oculares.

Una distribución variada de las luminancias en el campo visual también afecta la comodidad visual y deben evitarse:

Las luminancias demasiado altas, porque pueden dar lugar a deslumbramiento, los contrastes demasiado altos de las luminancias que provocarán fatiga visual debido a la readaptación continua de los ojos, las luminancias demasiado bajas y los contrastes demasiado bajos de las luminancias, quedan por resultado un entorno de trabajo sombrío y falto de estimulación, también, ha de prestarse atención a la adaptación al moverse de una zona a otra dentro de un edificio.

Las luminancias de todas las superficies son importantes y estarán determinadas por la reflectancia de las superficies y por la iluminancia sobre ellas. La gama de las reflectancias útiles para las principales superficies interiores son: (ISO Y CIE, 2003, pág. 6).

Uniformidad

El nivel de iluminación no es suficiente para asegurar el confort visual de una tarea, es necesario mantener un equilibrio entre la luminancia y la uniformidad que proporcione.

“La uniformidad de la iluminancia es la razón del valor mínimo al valor medio. La iluminancia cambiará en forma gradual. El área de la tarea se iluminará tan uniformemente como sea posible. La uniformidad de la iluminancia de la tarea no será menor de 0,7” (ISO Y CIE, 2003, pág. 8).

Deslumbramiento

“El deslumbramiento es la sensación visual provocada por áreas brillantes dentro del campo visual y que puede ser percibida como un deslumbramiento molesto o un deslumbramiento inhabilitante” (ISO Y CIE, 2003, pág. 8).

En el puesto de trabajo el operador que mira la pantalla tendrá el nivel adaptación situado en una zona intermedia entre la visión diurna y nocturna. Si una ventana o un foco de luz artificial se encuentran situados en el campo de visión del operador ello supondrá una iluminancia muy superior a la que está adaptada y por lo tanto se generara el deslumbramiento (Hernández, 2012).

Es importante limitar el deslumbramiento para evitar errores, fatiga y accidentes. Se puede distinguir dos clases de deslumbramientos:

El deslumbramiento incapacitante es generado cuando en una superficie la luminancia es muy superior a la del objeto que se visualiza. Es más común en la iluminación exterior, pero puede experimentarse también a causa de luces concentradas o de fuentes de gran brillantez como: una ventana, paredes brillantes o en un espacio iluminado pobremente.

En puestos de trabajo interiores el deslumbramiento molesto se presenta usualmente a causa de luminarias o ventanas brillantes con una iluminancia superior a la del nivel de adaptación (*Adaptación: es el proceso en el cual el ojo es capaz de funcionar en un amplio margen de niveles de iluminación, mediante cambios en la abertura de la pupila.* (ISO Y CIE, 2003, pág. 4)). Si se cumplen los límites del deslumbramiento molesto, entonces el deslumbramiento incapacitante no constituye un problema importante, pero al no estar dentro de los límites se produce a largo plazo fatiga visual.

2.6. Normativa

Una buena iluminación exige atención por igual a la cantidad y a la calidad de la iluminación, por esta razón la normativa tiene el fin de proponer parámetros para crear condiciones visuales cómodas.

La normativa a utilizar es la que recomienda la Organización Internacional de Normalización (ISO), conjuntamente con la Comisión Electrotécnica Internacional (CIE), en su normativa *Lighting of indoor workplaces* (ISO 8995:2002/CIE S 008-2001), que recomienda ciertos parámetros donde se espera crear requisitos de iluminación de interiores necesarios para establecer un equilibrio entre seguridad, salud y ejecución eficiente de labores.

Se tomará en cuenta la Tabla -Tareas y actividades en áreas interiores con especificación de iluminancia- publicada en la Normativa NC-ISO-8995, esta normativa será utilizada pues hace referencia a otras normativas, lo que la convierten en una norma de carácter internacional.

Las normativas que se hacen referencia a la NC-ISO 8995 se detallan a continuación:

- | | |
|-----------|--|
| ISO 63851 | Principios ergonómicos en el diseño de sistemas de trabajo. |
| ISO 9241 | Requisitos ergonómicos para trabajo de oficina con terminales de pantallas visuales. |

- CIE 13.3-1995 Método de medición y especificación del rendimiento de color de las fuentes de luz.
- CIE 16-1970 Luz natural.
- CIE 19.2-1981 Método analítico para la descripción de la influencia de los parámetros de la iluminación sobre la ejecución visual.
- CIE 40-1978 Cálculos para la iluminación de interiores – método básico.
- CIE 58-1983 Iluminación para salas deportivas.
- CIE 96-1992 Fuentes eléctricas de luz. Estado del arte – 1991.
- CIE 97-1992 Mantenimiento de sistemas de iluminación eléctrica en interiores.
- CIE 117-1995 Deslumbramiento molesto en la iluminación en interiores.
- CIE 129-1998 Guía para la iluminación de áreas de trabajo en exteriores.

El conjunto de las normativas anteriormente descritas llevan a elaborar la Tabla 6 que cuenta con especificaciones de color y niveles de luminosidad, dependiendo de las tareas y actividades en áreas interiores.

Pese a que en este trabajo se utilizará la normativa NC-ISO 8995 como referente de los niveles de luminosidad, dependiendo de la tarea y actividades que se realice, cabe mencionar que existen otras normativas internacionales que se encuentran vigentes y son aplicadas en varios países. Por la medida de aplicación se ha tomado, para ser comparada, la normativa NC-ISO 8995/CIE S 008:2003 y la Norma Europea sobre Iluminación para interiores UNE 12464.1, al observar los valores en la Figura 19 se encuentra la total similitud en los valores mínimos de: luminosidad, capacidad unificada de deslumbramiento y el índice de rendimiento, pese a ser normativas distintas, lo que da un argumento más para comprobar que los datos con los que se compara las mediciones son los adecuados.

CUD.- Capacidad Unificada de Deslumbramiento que mide el valor máximo permisible para el deslumbramiento molesto.

Ra.- Índice Mínimo del Rendimiento del Color. El valor máximo de Ra es 100, esta cifra disminuye a medida que disminuye la calidad del rendimiento del color.

Tabla 6 Niveles de luminosidad en interiores norma ISO 89955

Tipo de interior, tarea o actividad	\bar{E}_m lux	CUD_L	R_a
22. OFICINAS			
Archivo, copia, circulación, etc.	300	19	80
Escritura, mecanografía, lectura, procesamiento de datos	500	19	80
Dibujo técnico	750	16	80
Estación de trabajo CAD	500	19	80
Salas de conferencias y reuniones	500	19	80
Buró (carpeta) de recepción	300	22	80
Archivos	200	25	80

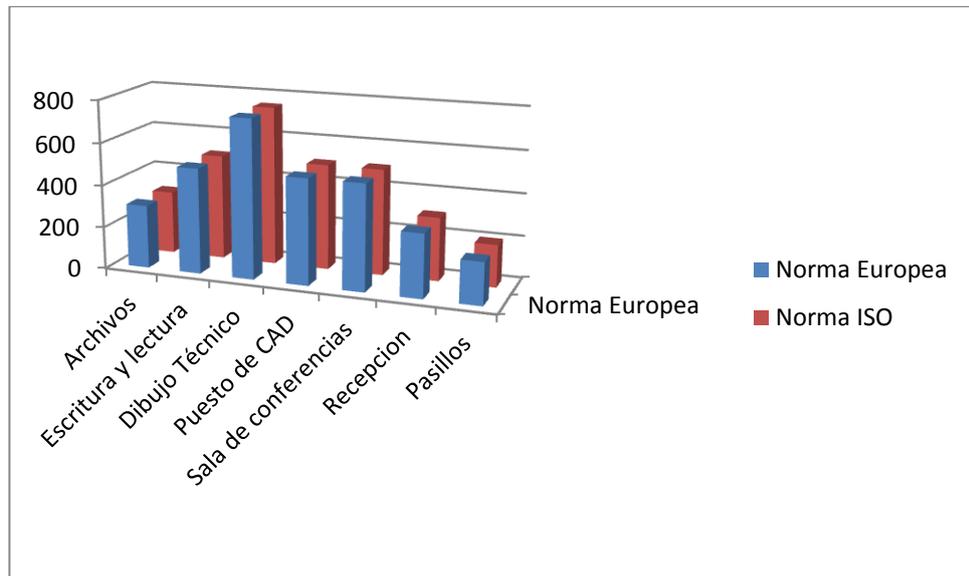
Fuente: (ISO Y CIE, 2003, pág. 24)

Tabla 7 Niveles de luminosidad en puestos de trabajo norma Europea

Tipo de interior, tarea y actividad	E_m lux	UGR_L	R_a
Archivo, copias, etc	300	19	80
Escritura, escritura a máquina, lectura y tratamiento de datos	500	19	80
Dibujo técnico	750	16	80
Puestos de trabajo de CAD	500	19	80
Salas de conferencias y reuniones	500	19	80
Mostrador de recepción	300	22	80
Archivos	200	25	80

Fuente: (Comisión de normalización europea UNE 12464.1, 2003, pág. 52)

Figura 19. Comparación de niveles de luminosidad entre la Norma Europea y la norma ISO 8995



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

2.7. Línea base

Con el propósito de evaluar el actual sistema de iluminación se ha realizado una serie de mediciones, lo que permitirá determinar las zonas y puestos de trabajo que se encuentran con un déficit de iluminación, esto también servirá para verificar que el sistema no represente ningún riesgo para la salud de los trabajadores al momento de ejercer sus funciones.

Previo al levantamiento de la línea base se realizó el reconocimiento a las agencias (Amazonas, Páez 655, Páez 657), con el fin de determinar factores externos que influyan directamente o indirectamente y que tergiversen los datos. Los factores que se consideró que pueden alterar la información real obtenida son:

- Lámparas fundidas o averiadas.
- Falta o difusores deteriorados.
- Falta de limpieza en el sistema de iluminación.

Al encontrar desperfectos que debían ser corregidos, se solicitó a la empresa de mantenimiento realice los cambios necesarios antes de la toma de mediciones.

Las mediciones de luminosidad (información técnica), se realizaron con la ayuda de un medidor digital de nivel de iluminación de marca TenMars modelo TM-204 (Figura 20) equipo que presenta las siguiente especificaciones (Cablematic).

- Compatible con unidades de nivel de iluminación LUX y FC.
- Cumple JISC 1609:1993 y CNS 5119 clase A genérica.
- Respuesta espectral CIE.
- Sensor basado en foto-diodo y filtro.
- Rango de medida: 200, 2000, 20000 o 200000 LUX o bien 20, 200, 2000 o 20000 FC.
- Precisión: +/- 3% (calibrado a una lámpara incandescente estándar de 2856°K) o bien +/- 8% (otro tipo de fuente lumínica visible).
- Ángulo de desviación de características del coseno: 30° a +/- 2%, 60° a +/- 6% y 80° a +/- 25%.

Figura 20. Luxómetro TenMars modelo TM- 204.



Para tener una información técnica adecuada se debe, no únicamente tomar las mediciones, sino también:

- 1) Verificar la cantidad de funcionarios y la actividad que realizan.
- 2) Levantamiento de planos en los que se muestre la distribución de luminarias.

- 3) Realizar encuestas de satisfacción para poder verificar que la información obtenida con las mediciones es acorde con el sentir de los funcionarios.

Entonces, con esta información se podrá realizar la evaluación basada en la norma NC-ISO 8995, mencionada anteriormente, ayudados de la tabla de tareas y actividades en interiores para definir el nivel de iluminancia y deslumbramiento (ver Tabla 6).

La metodología empleada para la toma de mediciones fue la siguiente (Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008, 2008):

- 1) Se encendió las luminarias con antelación de 20 min la cual permite que el flujo de luz se estabilice.
- 2) Se tomó en cuenta que los sistemas de ventilación trabajen en condiciones normales, debido a que las lámparas fluorescentes presentan varias fluctuaciones por los cambios de temperatura.
- 3) Calibración del luxómetro TM-204 de acuerdo al manual del fabricante.
- 4) Permitir que la información de la medición tomada por el luxómetro se estabilice, tiempo aproximado 4 min.
- 5) La ubicación de los puntos de medición fueron tomadas en cada puesto de trabajo del funcionario, para que estos arrojen datos más confiables.
- 6) Se tomó al menos una medición en cada puesto de trabajo colocando el luxómetro lo más cercano y sobre el plano de trabajo, tomando la precaución de que sobre la lente del luxómetro no se proyecte ningún tipo de sombra o luz adicional a la de las condiciones normales de trabajo.
- 7) Las mediciones se realizaron durante la jornada de trabajo bajo las condiciones normales, efectuando el análisis durante tres días en el horario de 9 a 12 horas para tener la mayor presión de datos.

2.7.1. Análisis

El siguiente análisis tiene como fin el poder observar el estado del sistema de iluminación a través de las mediciones, el cual permitirá realizar las correcciones y ajustes necesarios al momento del desarrollo del sistema SCADA.

Para el análisis de las mediciones, previamente, se debe establecer un rango de tolerancia a estas, ya que puede haber varios factores que causen discrepancia entre el valor establecido por la norma, ISO 8995, y el comportamiento medido en una instalación de iluminación.

La razón principal de establecer este rango de error es que, aun si se siguiera el proceso de medición con la mayor exactitud posible, se debe presumir que es imposible que individualmente todas las lámparas, circuitos y luminarias proporcionen un comportamiento fotométrico idéntico, por eso se debe establecer alguna tolerancia. La magnitud de la diferencia sobre la base de las mediciones se debe estimar que estén dentro del 10%.

Como se mencionó anteriormente no solo se trata de tomar las mediciones de luminosidad, para realizar un análisis se debe desarrollar los planos del sistema de iluminación, que permitirá observar la distribución de las luminarias, como los puestos de trabajo (Ver Anexo 3).

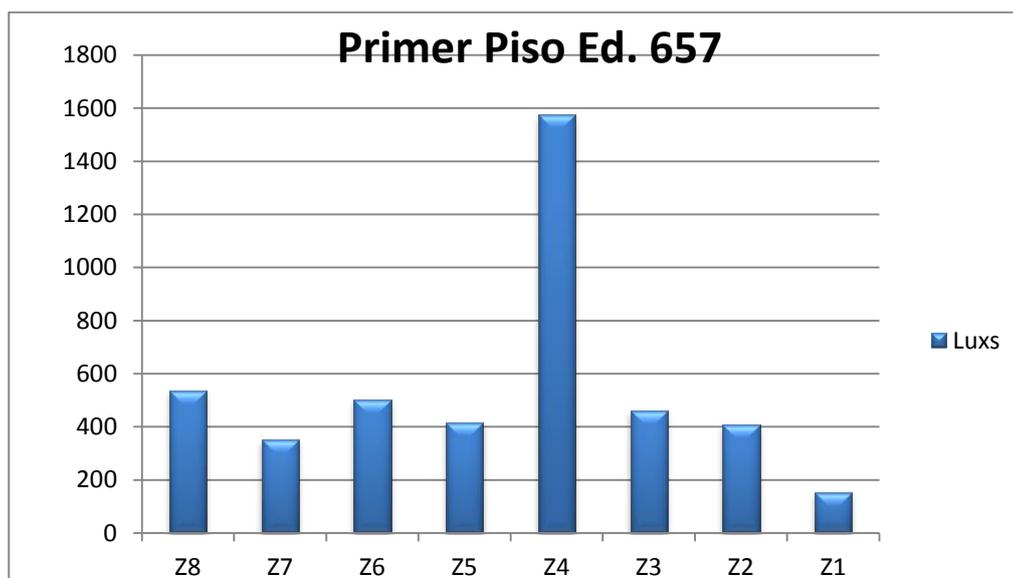
Con el levantamiento de información y una vez analizado el entorno se debe analizar la tarea que se desempeña en cada zona, para determinar cuál es el nivel óptimo de iluminación en relación a la función de trabajo.

Con las consideraciones anteriormente mencionadas se procederá a tomar un ejemplo de cada edificio y posteriormente se realizará un análisis general de cada una de las agencias.

Edificio Páez 657

En el Anexo 3 permite observar la ubicación de las luminarias de los pisos de las agencias del SRI, los datos de los niveles de luminosidad del primer piso de la agencia Páez 657 se encuentran en la Figura 21.

Figura 21. Medición de Luxes en el primer piso Ed. 657 distribuido en zonas



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

En la zona uno se encuentra ubicado el centro de control, los niveles de luminosidad en esta área es de 150 luxes, en esta área trabajan seis personas en la modalidad de 24/7 en horarios rotativos. Los funcionarios del centro de control son los encargados de realizar el monitoreo a los sistemas que el SRI mantiene control, como también realizar mantenimiento preventivo a los sistemas eléctricos y electrónicos de las agencias de la ciudad de Quito.

Al comparar la información obtenida en esta zona con la normativa ISO 8995, se evidencia la deficiencia del sistema de iluminación, lo que provoca que los funcionarios de esta zona presenten fatiga visual por la carencia de una buena iluminación, la cantidad óptima según la Tabla 6 recomienda tener por lo menos 500 lux en esta área, se debe realizar los correctivos necesarios para solucionar los problemas identificados, uno de los problemas es la mala distribución de las luminarias lo que hace que no exista uniformidad en la iluminación.

La zona cuatro tiene altos niveles de luminosidad debido a que en esta área se encuentra un ventanal que no cuenta con persianas, la que permite un paso generoso de luz natural durante la mayor parte de la jornada laboral, por lo que en esta zona se podrá usar los beneficios de sensores de luminosidad para poder obtener un ahorro significativo de energía.

Las zonas: dos, tres, cinco y siete cuentan con los niveles aceptables de iluminación.

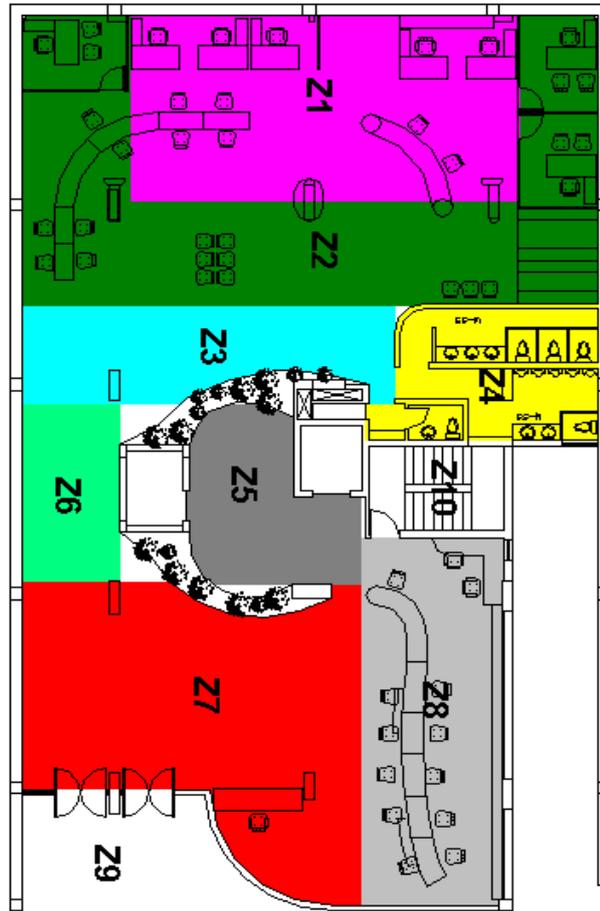
Las zonas seis y ocho presentan valores un poco más altos a los niveles adecuados de luminosidad, sin embargo, los valores obtenidos están dentro de la tolerancia establecida anteriormente.

Este piso, a excepción de las zonas uno y dos, es un claro ejemplo del desperdicio de electricidad, ya que el resto de zonas no cuentan con funcionarios, pues han sido transferidos a otra agencia, sin embargo, las luminarias se siguen encendiendo pese a que no existe personal. Es así que se deben realizar las correcciones en la programación, no solo para esta zona, sino para varias otras zonas del edificio que cuentan con el mismo inconveniente.

Como en este piso se implementará la prueba piloto, se realizará el reordenamiento de las luminarias para poder tener los niveles de luminosidad adecuados.

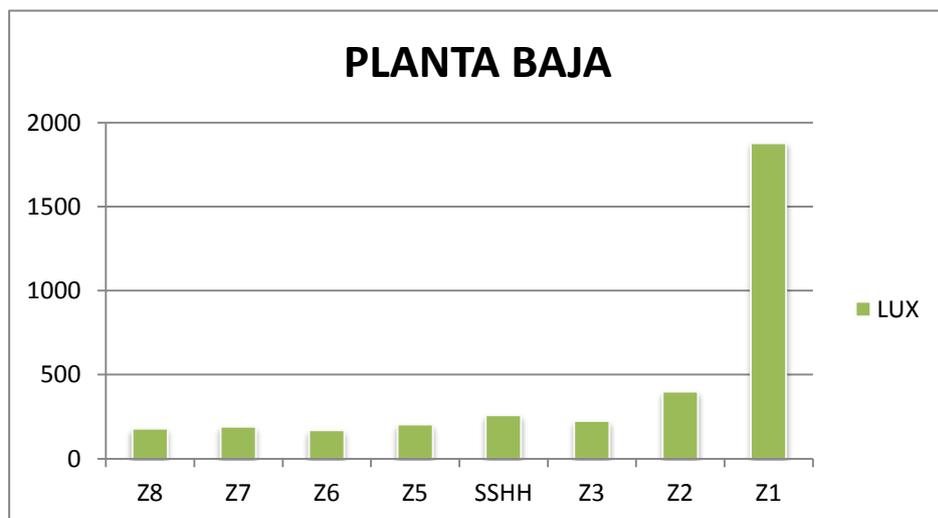
Edificio Páez 655

Figura 22. Ubicación de luminarias de la planta baja edificio Páez 655 distribuido en zonas



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Figura 23. Medición de Luxes en la planta baja Ed. 655 distribuido



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

En la Figura 23 se observa que en la zona uno existen niveles altos de luminosidad, lo que no es conveniente ya que este exceso genera deslumbramiento incapacitante. En esta área el techo es traslúcido (Figura 22) lo que permite tener un buen grado de luminosidad durante la mayor parte de la jornada laboral.

Los contrastes demasiado altos de las luminancias provocan fatiga visual, debido a la readaptación continua de los ojos.

Las mediciones de las zonas restantes que se observa en la Figura 23, se evidencia niveles más bajos de luminosidad de lo que se ha observado en los otros pisos, eso se debe a que es la planta baja y no cuenta con los ventanales que los otros pisos tienen en este edificio, teniendo aquí únicamente iluminación artificial, a esto se suma la mala distribución de las luminarias, debido a la reestructuración de los puestos de trabajo.

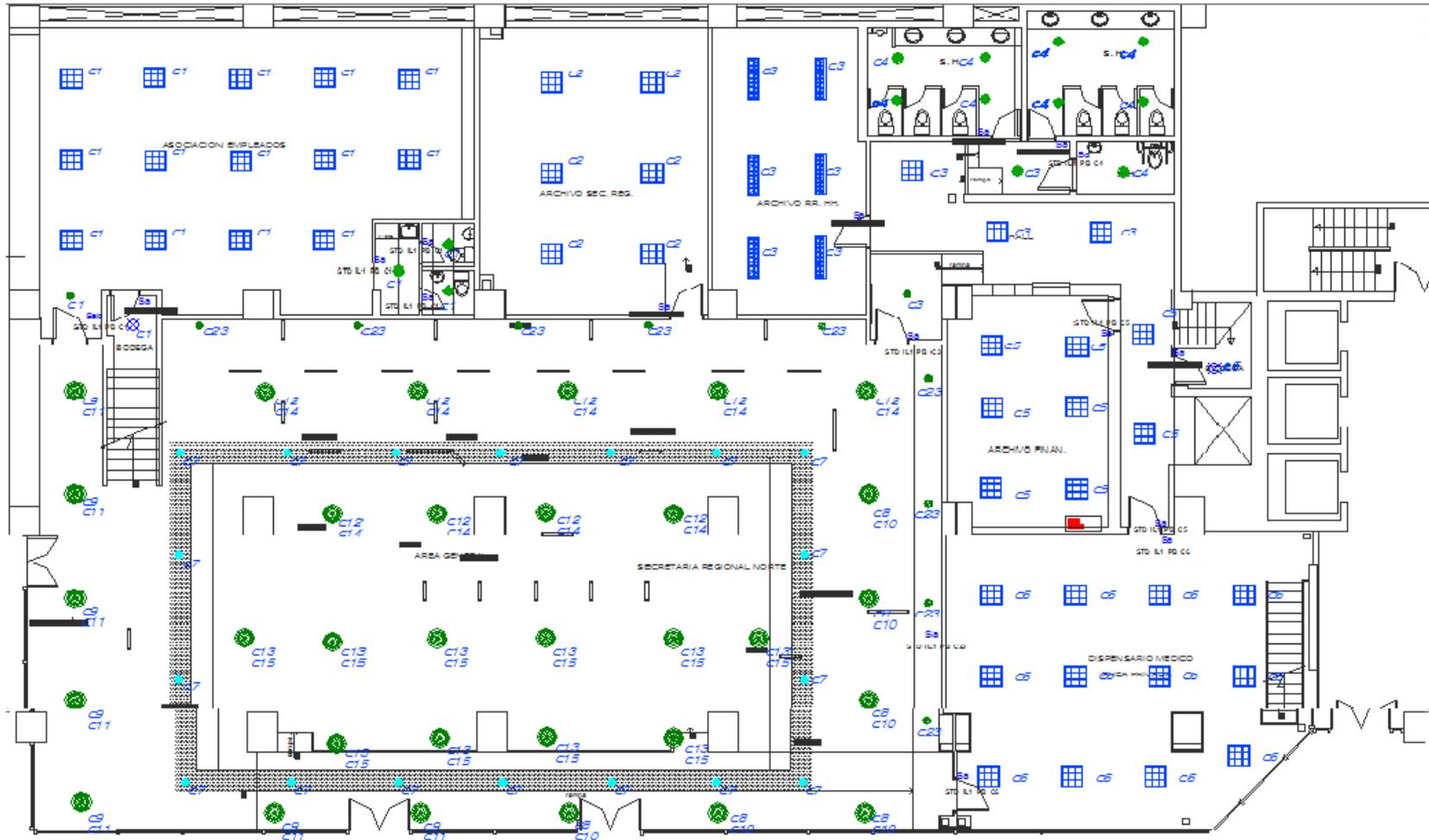
Esta área pese a ser para la atención al contribuyente está lejos de cumplir con los valores mínimos de luminosidad establecidos en la norma de la ISO 8225, que recomienda tener un mínimo de 300 Lux de Iluminancia (observar Tabla 6) para estas áreas.

Una forma de optimizar el consumo eléctrico en este piso es reduciendo las horas que se mantienen encendidas las luminarias, 12 horas diarias, pues representan un gran desperdicio porque no se encuentra ningún funcionario laborando esa cantidad de horas, basta con reprogramar, hasta un máximo de 9 horas.

Las zonas uno y seis podrían apagarse o utilizar el sensor de luminosidad, porque estas dos zonas son iluminadas con la luz exterior que atraviesa las claraboyas, con esto también se contribuiría a eliminar el deslumbramiento incapacitante.

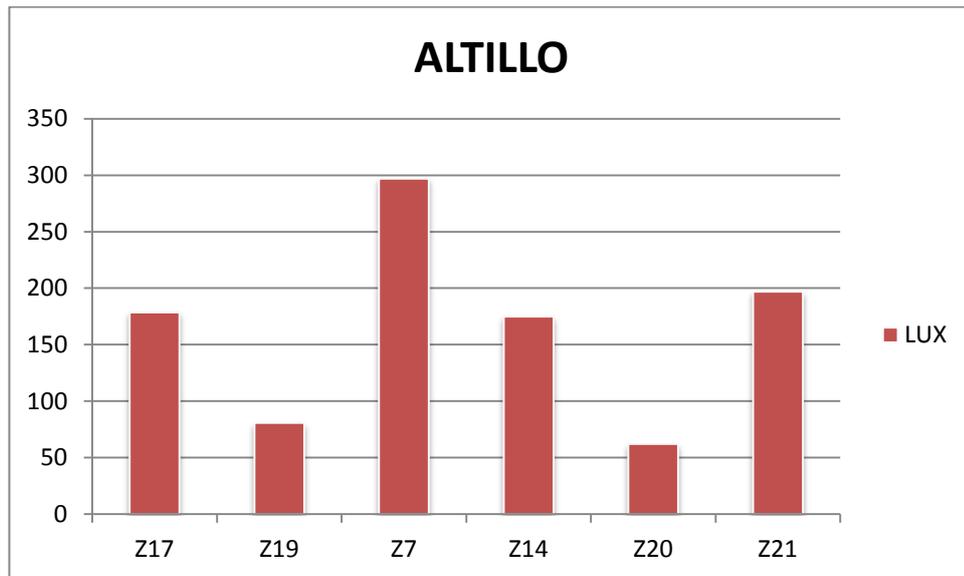
Edificio Amazonas

Figura 24. Ubicación de las luminarias en el Altillo Ed. Páez Amazonas



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Figura 25. Nivel de luxes en el Altillo Ed. Amazonas



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Esta zona es muy especial para realizar el análisis debido a que se trata del altillo, su diseño ha dejado una cercanía significativa entre el techo y el, razón por la cual las luminarias se encuentran al alcance de los funcionarios, lo que les ha llevado, a la mayoría, a cubrir las luminarias con papeles u otros objetos que reduzcan la intensidad luminosa (Figura 25), para así evitar los deslumbramientos ya que el brillo excesivo era causante de que los funcionarios presenten fatiga visual. Por esta razón los niveles de luz en estas zonas son incorrectos (Cifra Supra p.33).

Esta área cuenta con un ventanal que permite el ingreso de luz en la planta baja, lo recomendable en esta área es cambiar el sistema de iluminación o en su defecto reubicar la distribución de las luminarias y colocar sensores de luminosidad que permitan controlar la cantidad de luz que llega a cada puesto de trabajo.

Las correcciones que se pueden llevar acabo en este piso es controlar el nivel de luminosidad con sensores, pero las luminarias con las que cuentan esta área no servirían para este fin, por lo que es recomendable cambiar el sistema de luminarias a una nueva tecnología de luminarias LED, su implementación tiene grandes beneficios como: realizar un control de flujo luminoso, ahorrar en un 50% el consumo de energía eléctrica, reducir las afectaciones a la piel y ojos que están generando la cercanía de las luminarias.

Se debe igualmente reprogramar los horarios de encendido y apagado, el que se encuentra en la actualidad no es el adecuado.

2.7.1.1. Análisis General de las mediciones

Una vez ejecutadas todas mediciones con el luxómetro TenMars 204, en cada una de las agencias del SRI, se procedió a realizar la condensación de datos, para luego realizar el análisis respectivo de la información obtenida de manera general, lo que permitirá tener un diagnóstico de cómo se encuentra el sistema de iluminación, para su correcta interpretación se presentará de la siguiente manera:

- Tabulación de las mediciones.
- Comparación con la normativa internacional vigente.
- Figura que refleje la comparación de las normativas con los resultados alcanzados.
- Análisis o interpretación de la información obtenida.

En las Tablas 2.8, 2.9 y 2.10 se puede observar el promedio de las mediciones en cada una de las áreas: en zonas de archivo, copias y circulación. En las Tablas también se ha incluido el índice mínimo de rendimiento de color.

“Las lámparas con un Ra menor de 80 no se deben utilizar en interiores en que trabajan personas o que permanecen largos periodos” (ISO Y CIE, 2003, pág. 12).

- Edificio Páez 655

Tabla 8 Tabulación general de resultados edificio Páez 657

Tipo de interior, tareas y actividad	E _m Lux	Ra
Archivo, copias, circulación	200	80
Escritura, escritura a máquina tratamiento de datos	501	80
Puestos de trabajo de CAD	420	80
Mostrado de recepción	180	80
Área de circulación y pasillos	1631	80

Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

- Edificio Páez 655

Tabla 9 Tabulación general de resultados edificio Páez 655

Tipo de interior, tareas y actividad	E_m Lux	Ra
Archivo, copias, circulación	100	80
Escritura, escritura a máquina tratamiento de datos	480	80
Mostrado de recepción	139.46	80
Área de circulación y pasillos	1000	80

Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

- Edificio Amazonas

Tabla 10 Tabulación general de resultados edificio Amazonas

Tipo de interior, tareas y actividad	E_m Lux	Ra
Archivo, copias, circulación	180	80
Escritura, escritura a máquina tratamiento de datos	480	80
Mostrado de recepción	139.46	80
Área de circulación y pasillos	1000	80

Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

2.7.2.2. Comparación con la normativa

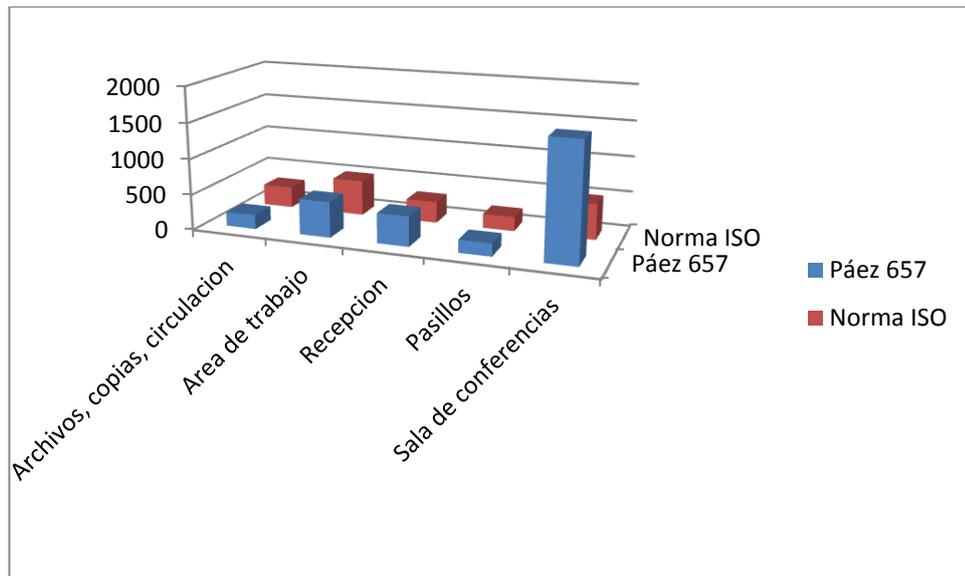
Durante las dos últimas décadas la ciencia ha demostrado los efectos estimulantes de una buena iluminación en el ambiente de trabajo, el mismo que contribuye a la creación de una sensación positiva de salud y sobre todo el rendimiento profesional óptimo, permitiendo que los funcionarios permanezcan más atentos y sean más precisos en sus tareas, lo que llevará a que se cometan menos errores y accidentes.

Por esta razón es esencial mantener una iluminación óptima que cuente con los niveles de luminosidad adecuados, basados en alguna normativa sobre iluminación en edificaciones, para que no sea afectada la calidad de servicio al momento de diseñar un sistema que optimice el recurso eléctrico, o a su vez mejorar no solo el control, sino la calidad de iluminación.

A continuación en las Figuras 26, 27 y 28 se muestra los resultados de las mediciones (Cifra Supra p.49) comparados con la norma ISO 8995(Cifra Supra p.37).

- Edificio Páez 657

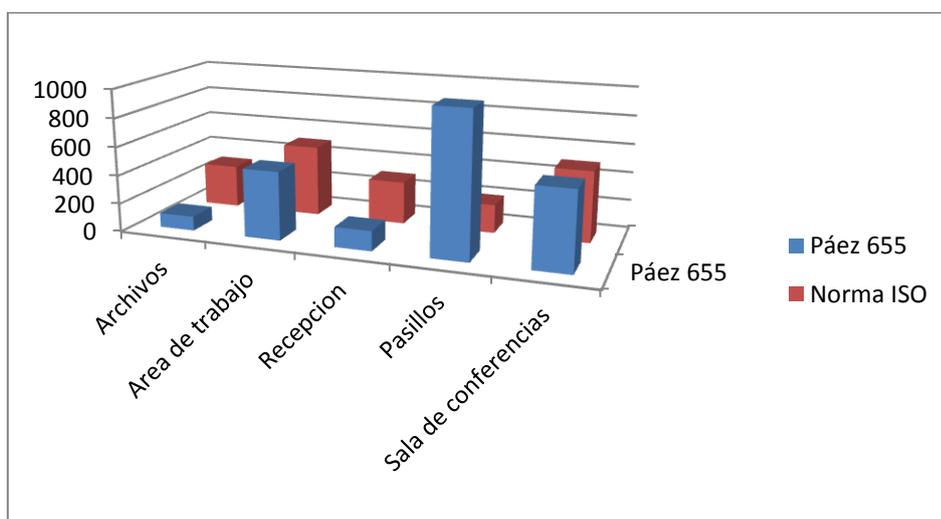
Figura 26. Comparación de mediciones Edificio Páez 657 con Especificaciones de la Norma ISO 8995



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

- Edificio Páez 655

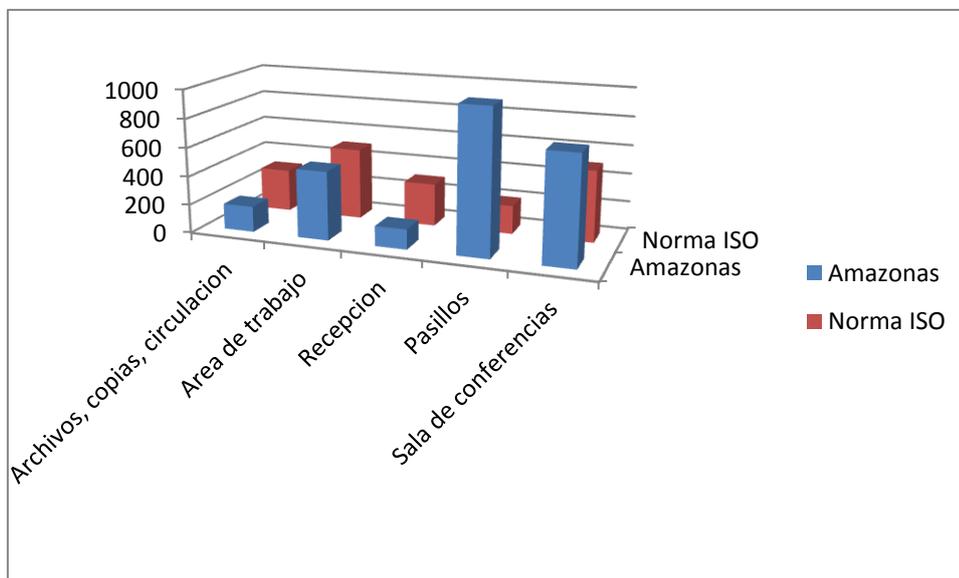
Figura 27. Comparación de mediciones Edificio Páez 655 con Especificaciones de la Norma ISO 8995.



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias.

- Edificio Amazonas

Figura 28. Comparación de mediciones Edificio Amazonas con Especificaciones de la Norma ISO 8995.



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias.

Comparar con la norma ISO 8995 ha permitido evaluar de una manera general el estado del nivel de luminosidad de cada área de las agencias, sin embargo, este tipo de tabulación general no refleja efectivamente los problemas que hay en varias áreas, pero ha permitido conocer el estado actual para las correcciones y mejoras, se harán análisis como el realizado en la sección 2.7.1 de este trabajo.

Los niveles obtenidos de manera general en las áreas de trabajo son óptimos, mas no los de los *halls* en donde se encuentran ubicadas las recepciones, ya que están por debajo de los recomendados por las normativas, estas áreas serán las más atendidas en la modificación.

Los pasillos superan por mucho las recomendaciones, pero esto se debe a que en estas áreas los tres edificios cuentan con ventanales que permiten el paso generoso de luz exterior.

Para concluir el análisis del sistema se ha realizado una encuesta de satisfacción la que permitirá tener el sentir del trabajador, para poder observar si existe concordancia de lo medido con la evaluación de los funcionarios.

2.8. Análisis de las encuestas de satisfacción

Una vez ejecutadas las encuestas, en cada una de las agencias del SRI, se procedió a realizar la condensación de datos y posteriormente el análisis respectivo de la información obtenida, la misma que para su correcta interpretación se presentará de la siguiente manera:

- Pregunta.
- Objetivo de la pregunta.
- Tabla que refleje el total de los resultados alcanzados.
- Figura que represente gráficamente los datos de la tabla anterior.
- Análisis o interpretación de la información obtenida.

Una vez especificada la forma de presentación de datos a continuación se exhibe el análisis de las encuestas realizadas en todas las agencias del SRI, cabe destacar que el análisis se lo realizó de manera general, es decir, los resultados expuestos corresponden a la suma de la información obtenida en las tres agencias del SRI.

Pregunta 1. *¿Cómo evaluaría usted la intensidad de luz que llega a su puesto de trabajo?*

Objetivo:

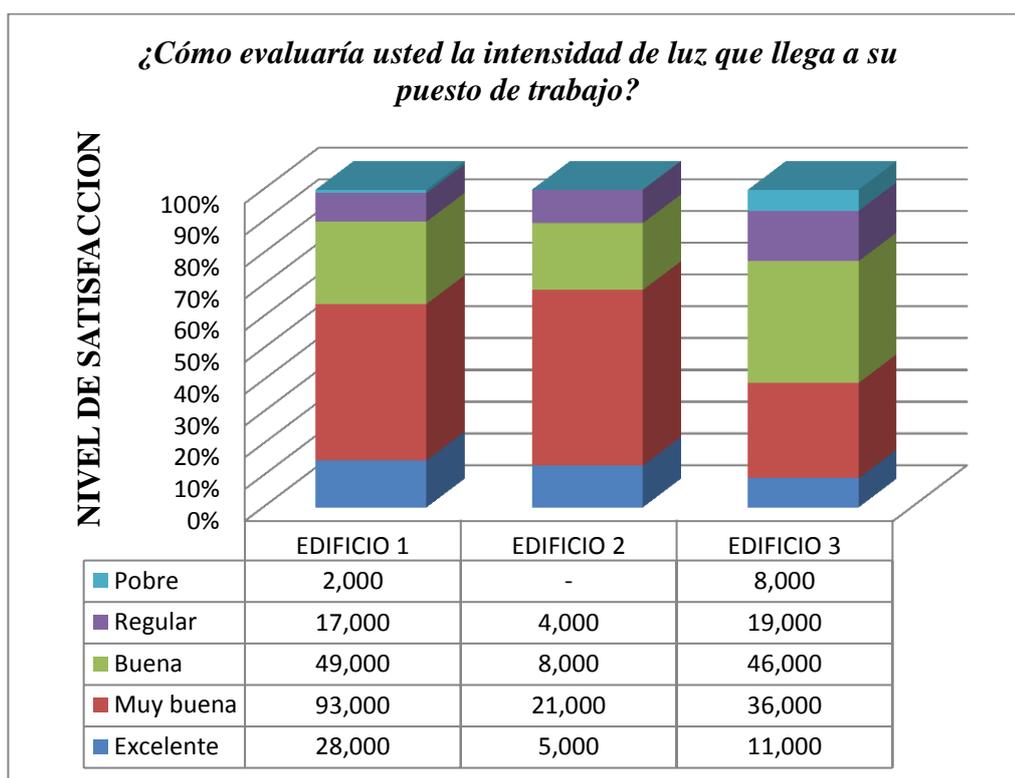
Determinar el nivel de intensidad de luz puesto a disposición de los funcionarios del Servicio de Rentas Internas, para de esta manera conocer si el ambiente de trabajo es el adecuado para el desempeño de sus funciones.

Tabla 11 Nivel de satisfacción de iluminación en los puestos de trabajo.

	Excelente	Muy buena	Buena	Regular	Pobre	TOTAL
EDIFICIO 1	28.00	93.00	49.00	17.00	2.00	189.00
EDIFICIO 2	5.00	21.00	8.00	4.00	-	38.00
EDIFICIO 3	11.00	36.00	46.00	19.00	8.00	120.00
TOTAL						347.00

Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias.

Figura 29. Nivel de satisfacción de iluminación en los puestos de trabajo.



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias.

Análisis:

- Edificio 1: agencia Páez 655

De acuerdo con la información obtenida en las encuestas aplicadas en la agencia Páez 655 se puede evidenciar que muy poco personal califica al sistema de iluminación como excelente y que afirma que la luminosidad puesta a su disposición cumple al 100% con sus expectativas, sin embargo, un porcentaje mayor de funcionarios encuestados califica al sistema de iluminación como: deficiente. En conclusión el personal no se encuentra totalmente satisfecho con la luminosidad que llega a sus puestos de trabajo; estas divergencias se pueden deber especialmente al puesto de trabajo en el que laboran los funcionarios, ya que la iluminación recibida se puede ver afectada por varios factores tales como: ausencia de ventanas que permitan el acceso de iluminación externa, mala distribución de las luminarias, etc. Con los resultados alcanzados se puede exteriorizar un problema vigente en las instalaciones de esta agencia, ya que la falta de luminosidad, no afecta solo a la

presentación de la entidad, sino también a la salud visual de sus trabajadores al obligarlos a forzar la vista para el ejercicio de sus labores.

- Edificio 2: agencia Páez 657

El 13.16% del total de los encuestados sienten que la iluminación que llega a su puesto de trabajo es excelente, es fácil evidenciar el motivo de este resultado, ya que estas personas se encuentran ubicadas en el primer piso del edificio, área que cuenta con iluminación natural y artificial durante la jornada laboral.

El 55.26% respondió en la evaluación que la iluminación es Muy Buena, mientras que un 21.05% la calificó como Buena, la mayoría de estas respuestas corresponden a funcionarios ubicados en el tercer piso del edificio. En esta área necesitan iluminación adicional debido a que toda la iluminación con la que cuentan es artificial.

Los funcionarios de monitoreo que trabajaban en esta área tienen horarios de 24/7, al no contar con iluminación exterior se evidencia la carencia de iluminación en varias áreas. En la tabulación general no se evidencia claramente esta deficiencia, pues los funcionarios que trabajan en esta zona representan únicamente el 10.53% de los encuestados, sin embargo, de la eficiencia de estos funcionarios depende el correcto funcionamiento de la red que maneja el SRI, por lo que se debe considerar seriamente la mejora del sistema de iluminación.

- Edificio 3: agencia Amazonas

En cuanto a los datos proporcionados por los funcionarios de la agencia Amazonas se puede constatar que, a pesar de poseer un menor número de personal en relación a la agencia Páez 655, son más los funcionarios que no se encuentran satisfechos por el nivel de luminosidad para sus puestos de trabajo. En el caso de esta agencia el problema es muy visible debido a que a pesar de poseer grandes instalaciones que se encuentran frente a la avenida Amazonas, cuenta con ventanales de color bronce lo que no permite el total acceso de luz externa. Además, por la extensión de la agencia, los funcionarios tienen espacios de trabajo lejanos a los ventanales.

En efecto, como se puede observar el mayor porcentaje de funcionarios de las tres agencias, que corresponde al 43% de los encuestados indica que se encuentran casi totalmente satisfechos con el nivel de iluminación, pues lo consideran muy bueno para el desempeño de sus funciones, sin embargo, como se puede visualizar este porcentaje no corresponde a la mayoría de encuestas, lo que evidentemente es negativo, puesto que indica que el 57% de trabajadores creen que el sistema de iluminación es deficiente pues les dificulta el desempeño de sus labores.

Estos resultados muestran que el sistema de iluminación necesita ser mejorado, para de esta manera brindar las condiciones de trabajo adecuadas a los funcionarios y a los contribuyentes que hacen uso de las instalaciones del SRI.

Pregunta 2. *¿Desearía que se realice algún cambio en el sistema de iluminación?*

Objetivo:

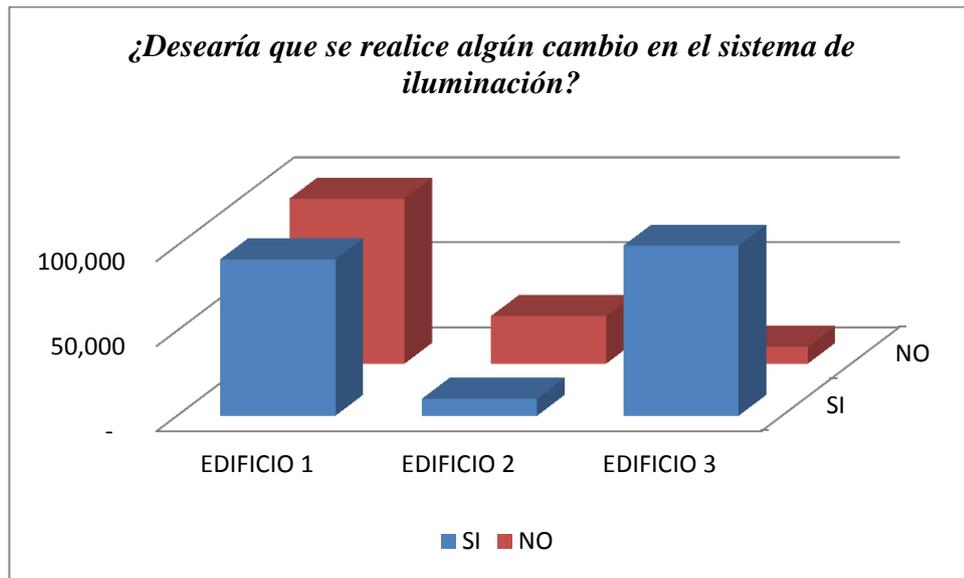
Conocer el nivel de aceptabilidad que tienen los funcionarios del SRI hacia las mejoras del sistema de iluminación en las instalaciones, para determinar si es pertinente o no un cambio en el mismo.

Tabla 12 Tabulación de la pregunta dos de la encuestas de satisfacción.

	SI	NO	TOTAL
EDIFICIO 1	92.00	97.00	189.00
EDIFICIO 2	10.00	28.00	38.00
EDIFICIO 3	110.00	10.00	120.00
TOTAL			347.00

Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias.

Figura 30. Nivel de satisfacción de iluminación en los puestos de trabajo



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Análisis:

- Edificio 1: agencia Páez 655

De acuerdo con los datos proporcionados por los trabajadores de la agencia Páez 655, se observa que los funcionarios han respondido en porcentajes similares la pregunta respecto a que si desean o no que se realice algún cambio en el sistema de luminosidad. Esta variación en las respuestas se debe al lugar en el que se encuentran ubicados los puestos de trabajo, pues en esta agencia laboran principalmente los funcionarios de ventanilla; al atender directamente al público necesitan un ambiente 100% óptimo y no se ven afectados por la falta de luminosidad. Los funcionarios que requieren de mejoras en el sistema son aquellos cuyos puestos de trabajo se encuentran aislados y no reciben directamente la luz, tanto interna como externa, o que, por el contrario, consideran que poseen demasiada luz en su puesto de trabajo.

- Edificio 2: agencia Páez 657

En el caso de la agencia Páez 657 son más los funcionarios que no se encuentran de acuerdo en que se realicen cambios en el sistema de iluminación, la principal causa de esta negación es que, a pesar de haberlo calificado como

deficiente, en esta agencia existen grandes ventanales, los cuales permiten el acceso de luz externa durante todo el día, por lo tanto no se ven tan afectados por las insuficiencias luminarias. Sin embargo, los funcionarios que sí ven la necesidad de mejora son aquellos que laboran en jornadas nocturnas, pues en ciertos lugares existe escasez de luminosidad y en otros espacios hay demasiada luz, lo que provoca deslumbramientos. Estas condiciones provocan incomodidad en los trabajadores que laboran en la institución, principalmente en esta jornada.

- Edificio 3: agencia Amazonas

Por último, en la información obtenida de los funcionarios de la agencia Amazonas se verifica que casi el 80% de los encuestados están de acuerdo en que el sistema de luminosidad requiere de una mejora, ya que, como se mencionó anteriormente, en esta agencia, a pesar de poseer menos personal, la luminosidad es mucho más deficiente en relación a las demás agencias, por lo tanto se considera que el cambio es necesario.

Por consecuencia, es evidente identificar que el 61% de los funcionarios de las tres agencias coinciden en que el sistema de iluminación requiere de mejoramiento, ya que, como lo supieron indicar, existen 2 falencias indiscutibles: por un lado, en algunos lugares de trabajo se consume demasiada electricidad y, por otro lado, en otros puestos de trabajo no se tiene la iluminación necesaria para el correcto desempeño de sus funciones. En conclusión, la pregunta 1, que indica que los trabajadores ven al sistema en cierto modo deficiente para su desempeño laboral, está confirmada.

Además, según las encuestas efectuadas y lo platicado con los funcionarios se puede concluir que un mejor sistema de electricidad beneficiaría a todo el personal, tanto interno como externo, que hace uso de las instalaciones, por lo cual, a pesar de ser una inversión relativamente costosa, el beneficio obtenido a mediano plazo será completamente favorable para la institución.

Pregunta 3. *¿Si su pregunta anterior fue afirmativa explique qué cambio sugiere?*

Objetivo:

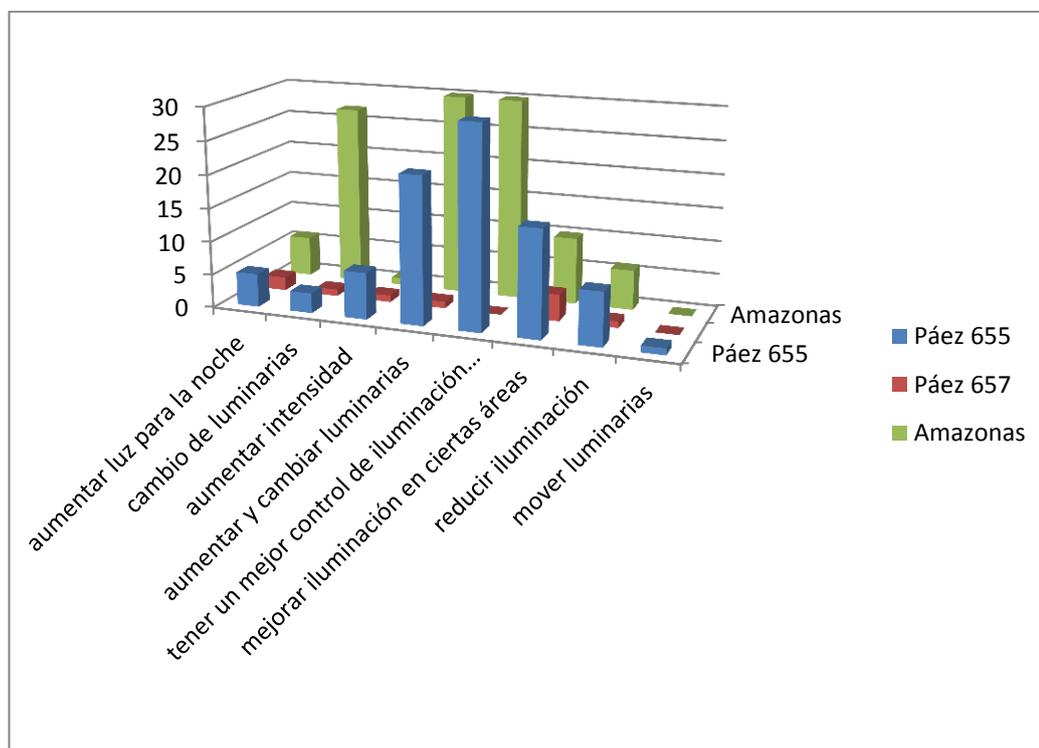
Conocer los cambios que sugiere el personal que tiene acceso a las instalaciones del SRI, con el fin de garantizar una mayor aceptación en las permutaciones puestas en marcha.

Tabla 13 Tabulación de la pregunta tres de la encuestas de satisfacción

TIPO DE CAMBIO SUGERIDO	EDIFICIO1	EDIFICIO 2	EDIFICIO 3	TOTAL
aumentar luz para la noche	5.00	2.00	6.00	13.00
cambio de luminarias	3.00	1.00	27.00	31.00
aumentar intensidad	7.00	1.00	1.00	9.00
aumentar y cambiar luminarias	22.00	1.00	30.00	53.00
tener un mejor control de iluminación durante el día	30.00	-	30.00	60.00
mejorar iluminación en ciertas áreas	16.00	4.00	10.00	30.00
reducir iluminación	8.00	1.00	6.00	15.00
mover luminarias	1.00	-	-	1.00
TOTAL	92.00	10.00	110.00	212.00

Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Figura 31. Tabulación de cambios sugeridos por los funcionarios



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Análisis

- Edificio 1: agencia Páez 655

Respecto a los cambios que sugieren los funcionarios, se pudo verificar que lo que más requieren en esta agencia son mejoras en la iluminación durante el día, aumento de luminarias y cambio de luminarias. Con esto se vuelve a hacer énfasis en lo antes descrito, que en este edificio la luminosidad es excelente en ciertas áreas de trabajo, mas no en todo su conjunto, causando molestias en los trabajadores. En el caso de esta dependencia lo que se recomienda es colocar luminarias en puntos estratégicos para que sean de uso para varios puestos de trabajo o, en su lugar, aumentar lámparas en más lugares con la finalidad de brindar un trato equitativo a todo el personal que labora en la institución.

- Edificio 2: agencia Páez 657

En el caso de la agencia Páez 657, se puede verificar que el personal requiere de una mejor iluminación por áreas, además, de solicitar que en unos casos se aumente la luz nocturna y en otros se reduzca la iluminación. Como se puede observar en los resultados alcanzados, las falencias no ocurren durante el día, sino más bien este problema radica con el personal que labora en la jornada nocturna y que se ve afectado por las deficiencias de iluminación, ya que, como se indicó anticipadamente, las luminarias en este edificio no se encuentran bien ubicadas debido a que en ciertos puntos existe demasiada luz y en otros hay ausencia de la misma. Por lo tanto, lo que se recomienda en este edificio es optimizar la luminosidad nocturna para los funcionarios que trabajan en estos horarios, detectando los puestos de trabajo donde se están generando dichas falencias, con la finalidad, no solo de brindar un mejor ambiente de trabajo a sus funcionarios, sino también de optimizar la utilización de los recursos de la entidad.

- Edificio 3: agencia Amazonas

En el caso de la agencia Amazonas, los cambios sugeridos por el personal se enfocan en la mejora de la luminosidad en la jornada matutina y en el cambio de luminarias, con esto se hace hincapié en las anteriores preguntas, sobre que el

personal considera que la luminosidad no es equitativa y que únicamente beneficia a ciertos funcionarios de la entidad, mas no a todos en su conjunto, por lo tanto, se necesita de una reubicación de las luminarias o, en su lugar, del aumento de luminarias, con el fin de brindar un trato equitativo a todos sus funcionarios.

En efecto, según la información obtenida de las tres agencias, respecto al cambio que sugieren los funcionarios para una optimización del sistema eléctrico, se puede observar que más del 50% de recomendaciones se enfocan principalmente en dos opciones: tener un mejor control de iluminación durante el día y el aumento y cambio de luminarias. Esto permite obtener otro punto importante, el cual indica que el personal de la institución atribuye a que el sistema de iluminación es deficiente, especialmente durante el día, esto se puede imputar a que el departamento de control no ha puesto el suficiente énfasis en tener un óptimo nivel de luminosidad durante el día y únicamente ha visto como prioridad mejorar el sistema de iluminación nocturna, esto, por una parte, es lógico ya que durante la jornada nocturna los trabajadores necesitan más luminosidad, sin embargo, no se debe dejar de lado el dar importancia a los trabajadores de la jornada matutina. a quienes también requieren de mejores condiciones de trabajo, es decir, se necesita mejorar el sistema de tal manera que equilibre la luminosidad en ambas jornadas de trabajo, siendo de esta manera equitativo para cada uno de los funcionarios que laboran en la institución.

Pregunta 4. *¿Estima usted que la iluminación de los servicios higiénicos y pasillos es la adecuada?*

Objetivo:

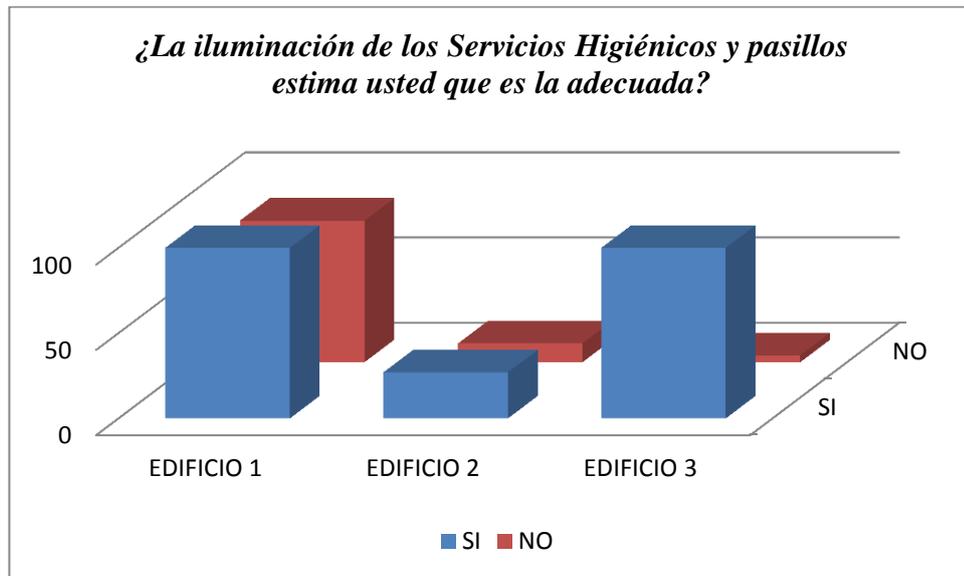
Determinar si el sistema de iluminación en pasillos y servicios higiénicos es el adecuado, para verificar el nivel de optimización de recursos.

Tabla 14 Tabulación de la pregunta cuatro de las encuestas de satisfacción

	SI	NO	TOTAL
EDIFICIO 1	106	83	189.00
EDIFICIO 2	27	11	38.00
EDIFICIO 3	116	4	120.00
TOTAL			347.00

Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Figura 32. Tabulación del nivel de satisfacción de iluminación en baños y pasillos



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Análisis:

- Edificio 1: agencia Páez 655

En conformidad con los resultados obtenidos en esta agencia, se puede identificar que, al contrario de las preguntas anteriores, más del 50% de los funcionarios coinciden en que la luminosidad, tanto en baños como en pasillos, sí es óptima, es decir, los trabajadores se encuentran conformes con la misma, por lo tanto, se considera que en esta parte de las instalaciones no se necesitarían cambios sustanciales.

- Edificio 2: agencia Páez 657

En cuanto a la información proporcionada por los funcionarios de la agencia Páez 657, se puede determinar que de igual manera sí se encuentran de acuerdo con el nivel de luminosidad, tanto de baños como de pasillos, son pocos los trabajadores que no coinciden con dichas respuestas, sin embargo, se considera que no son una gran mayoría, por lo tanto, se puede indicar de que, a pesar de que existan ciertas falencias, estas no son relativamente sustanciales para considerar al sistema deficiente.

- Edificio 3: agencia Amazonas

Por último, en el edificio de la agencia Amazonas, las respuestas fueron mucho más compatibles, ya que únicamente cuatro encuestados indicaron que el sistema de iluminación en baños y pasillos no es el adecuado, por lo tanto, se puede determinar que en esta parte de las instalaciones sí se ha puesto un mayor énfasis para la optimización de luminosidad.

En conclusión, en esta pregunta se puede determinar que el nivel de luminosidad, tanto en pasillos como en servicios higiénicos, para el 72% de funcionarios sí es el adecuado, lo cual en cierto modo permite identificar que el departamento de control pone un mayor cuidado en estas áreas, esto se debe a ciertos factores: por una parte, se encuentra la iluminación artificial puesta a disposición de estos sectores y, por otra parte, se encuentra la iluminación natural recibida a través de los ventanales que posee la institución, los cuales benefician la luminosidad de los mismos.

Con esta pregunta se puede identificar que el personal en su mayoría se encuentra satisfecho en la luminosidad que se destina a esta parte de la institución, como son los pasillos y servicios higiénicos, con lo cual se puede concluir que la principal deficiencia del sistema existente es la falta o aumento de luminosidad en los departamentos principales del SRI.

Cotejando la información obtenida, a través de las mediciones con las encuestas de satisfacción, se ha demostrado la deficiencia en el sistema de iluminación en varias zonas, lo que tiene concordancia al comparar la información con las recomendaciones que hace la normativa de la ISO 8995 sobre Iluminación para

interiores, con la cantidad de luxes que se debería tener para desempeñar las funciones en un ambiente confortable y seguro, este análisis ha permitido identificar las áreas o los puntos que se deben tener en consideración al momento de diseñar un nuevo sistema de iluminación que optimice y cumpla con los niveles óptimos de luminiscencia.

CAPÍTULO 3

DISEÑO DEL SCADA

3.1. Introducción

El desarrollo de un sistema distribuido de medición y control de iluminación permite que se logre optimizar el proceso, creando un sistema de mayor rendimiento y que a su vez se vuelva más confiable.

SCADA viene de las siglas en inglés *Supervisory Control and Data Acquisition*, se trata de un sistema en el cual se ejecuta tareas de supervisión y gestión de alarmas, así como el tratamiento de datos y control de procesos. Dado que la comunicación que se tiene es a tiempo real, da la facilidad al operador de supervisar y controlar algún tipo de proceso que se esté efectuando.

El desarrollo de un SCADA nos permite tener algunas prestaciones importantes como son:

- Tener la posibilidad de crear paneles de alarma con un registro de incidentes.
- Generar históricos de señales.

Al momento de realizar un SCADA se debe tener en consideración dos factores muy importantes, los cuales permitirán que el sistema funcione correctamente y cumpla el propósito con el que fue desarrollado:

- *Hardware*
- *Software*

3.2. *Hardware* para realizar el SCADA

La agencia Páez 655 cuenta con algunos PLC's SIMATIC S7-200, que se encuentran disponibles pero no están siendo utilizados, por lo que, para la implementación del nuevo sistema de iluminación serán utilizados como remplazo de los antiguos PLC MODICON.

Para la agencia Amazonas se debe adquirir toda una nueva red de PLC de similares características a los de la agencia Páez, por lo que se plantea la compra de PLC's SIMATIC S7-1200 Siemens, dado que los S7-200 ya se encuentran descontinuados. Siemens al tratar de satisfacer la demanda de estos equipos a diseñado los SIMATIC S7-1200, tanto su nombre como su diseño evocan un S7-200, posteriormente, con su utilización se observará que lleva consigo más y mejores funcionalidades que las de su antecesor.

Para las pruebas de la funcionalidad del sistema SCADA, que posteriormente será implementada en la prueba piloto en el primer piso del edificio Páez 657, que se hará a través del PLC SIMATIC S7-1200, equipo que se encuentra disponible en la agencia.

3.2.1. PLC SIMATIC S7-1200

El S7-1200 es un PLC modular miniatura (Figura 33) que cuenta con un diseño compacto, pero ofrece la flexibilidad y una gran capacidad de controlar varios dispositivos para las distintas tareas de automatización.

Cuenta con una interface PROFINET integrada, para comunicarse con equipos HMI o con otros PLC's.

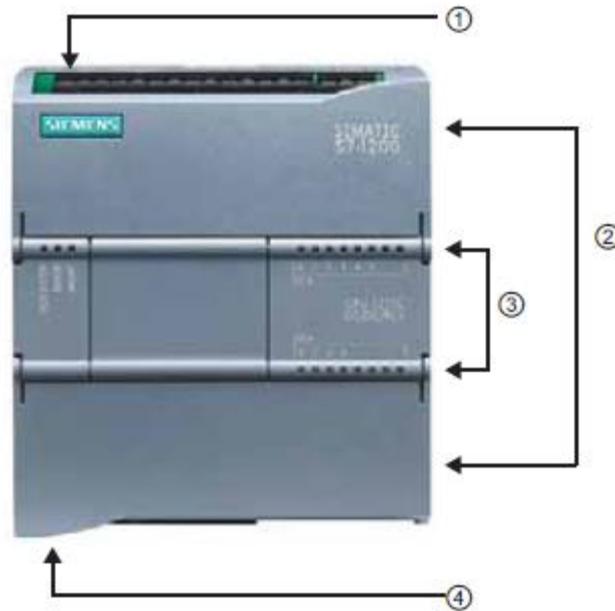
Integra funciones tecnológicas para conteo, funciones de lazo de control, y control de movimiento. Por si fuera poco, tiene integradas señales digitales y analógicas, tanto de entrada como de salida. Y también acepta varios módulos de comunicación con los cuales se puede transferir datos a/o desde otros equipos.

Una vez cargada la programación en la CPU, esta contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación, vigila las entradas y cambia de estados a las salidas.

Este PLC ofrece una máxima automatización por un bajo costo, tomando en cuenta que, por su tamaño compacto, puede ser instalado en espacios pequeños de manera rápida y simple (Siemens, 2009).

A continuación se hará una breve descripción de los componentes de la CPU de SIMATIC S7-1200 que será utilizada para este proyecto.

Figura 33.Descripción de los compones de la CPU



Fuente: (Siemens, 2009, pág. 11)

- 1) Conector de corriente.
- 2) Conectores extraíbles para el cableado de usuario.
- 3) Ranura para Memory Card (bajo de la tapa posterior).
- 4) LED's de estado.
- 5) Conector PROFINET (lado inferior).

Tabla 15 Información sobre el PLC SIMATIC S7-1200, CPU 1212C AC/DC/RLY, 6ES7 212-1BD30-0XB0

FUNCIÓN	CPU 1212C
Dimensiones físicas (mm)	90x100x75
Memoria de usuario <ul style="list-style-type: none"> • Memoria de trabajo • Memoria de carga • Memoria remanente 	<ul style="list-style-type: none"> • 25 KB • 1MB • 2KB
E/s integradas locales <ul style="list-style-type: none"> • Digitales • Analógicas 	<ul style="list-style-type: none"> • 8 entradas/6 salidas • 2 entradas
Tamaño de la memoria	1024 bytes para las entradas(I) y 1024 bytes para salidas (Q)
Área de marcas (M)	4096 bytes
Ampliación con módulos de señales	3
<i>Signal board</i>	1
Módulos de comunicación	3 (lado izquierdo)
Contadores rápidos <ul style="list-style-type: none"> • Fase simple • Fase en cuadratura 	4 <ul style="list-style-type: none"> • 3 a 100 KHz / 1 a 30 KHz • 3 a 80 KHz / 1 a 20 KHz
Salida de impulsos	2
Memory Card	SIMATIC Memory Card (opcional)
Tiempo de respaldo del reloj de tiempo real	Típico: 10 días / Mínimo: 6 días a 40 °C
PROFINET	1 puerto de comunicación Ethernet
Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales	18 μs/instrucción
Velocidad de ejecución booleana	0.1 μs/instrucción

Fuente: (Siemens, 2009, pág. 12)

3.2.1.1. Montaje del PLC S7-1200

Los equipos S7-1200 son controladores abiertos, por este motivo, se debe montar en un armario eléctrico, son fáciles de ubicar en cualquier parte debido a su reducido tamaño, puede ahorrar espacio. El PLC puede ser montado en un panel o en un perfil de *rail* DIN, que puede ser horizontal (Figura 34) o vertical.

Figura 34. Montaje horizontal del PLC S7-1200 en un perfil de rail DIN en la agencia Páez 657

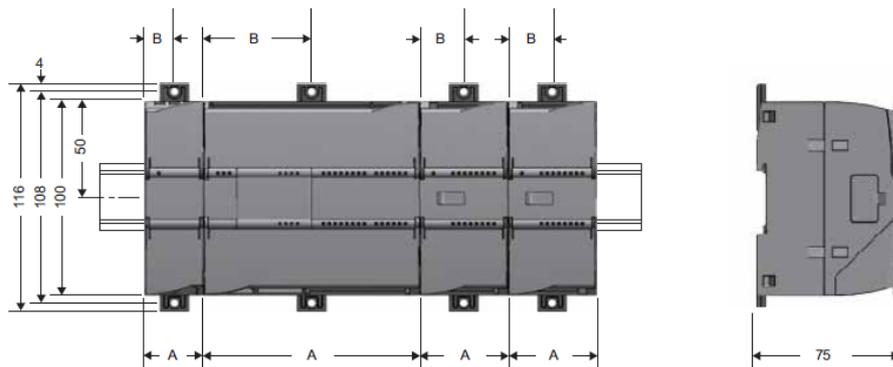


Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Como regla general se debe mantener alejado el equipo de las altas temperaturas, si se reduce la exposición a entornos de alta temperatura se podrá aumentar la vida útil de los dispositivos electrónicos. Debido a que será instalado en un armario este contará con la instalación de un ventilador, el que permitirá tener una temperatura adecuada dentro del gabinete. Se ha dejado una zona de disipación de aproximadamente 25 mm por encima y debajo del dispositivo, con el fin de que el aire pueda circular libremente a través del PLC.

Al momento de la instalación se debe planificar las dimensiones del equipo, dejando el espacio suficiente para la posible extensión de módulos (señales, comunicación), como para el cableado y conexiones de comunicación. En la Figura 35 se puede observar las dimensiones en milímetros de la CPU como de los módulos adicionales.

Figura 35. Dimensiones del PLC y sus módulos en (mm)



Dispositivos S7-1200		Ancho A	Ancho B
CPU:	CPU 1211C y CPU 1212C	90 mm	45 mm
	CPU 1214C	110 mm	55 mm
Módulos de señales:	8 y 16 E/S, DC y relé (8I, 16I, 8Q, 16Q, 8I/8Q)	45 mm	22,5 mm
	Analógicos (4AI, 8AI, 4AI/4AQ, 2AQ, 4AQ)		
	16I/16Q relé (16I/16Q)	70 mm	35 mm
Módulos de comunicación:	CM 1241 RS232 y CM 1241 RS485	30 mm	15 mm

Fuente: (Siemens, 2009, pág. 26)

Para el montaje se debe recordar que la CPU debe estar apagada para evitar que se generen choques eléctricos y se debe proceder del siguiente modo (Siemens, 2009):

- 1) Montar el riel DIN dejando un espacio de 75 mm entre tornillo y tornillo.
- 2) Enganchar la CPU por el lado superior del perfil.
- 3) Extraer los clips de la CPU y colocarlo como se muestra en la Figura 36 (A).
- 4) Girar la CPU hacia abajo hasta que alcance la posición correcta.
- 5) Oprimir los clips para fijar la CPU en el perfil.

Figura 36. Montaje de la CPU en el riel DIN



Fuente: (Siemens, 2009, pág. 29)

Una vez que la CPU se encuentre en la posición que se muestra en la Figura 38 (B) se puede comenzar a ubicar los módulos adicionales y conectar la alimentación.

La alimentación del PLC no debe ser conectada a una toma normal de la red eléctrica pública, sino a una toma de UPS, lo que permitirá que, si por algún motivo se corta el suministro eléctrico, el sistema quede respaldado por un lapso aproximado de 20 min hasta que entre en funcionamiento el generador eléctrico o se restablezca el fluido eléctrico, permitiendo así mantener la eficiencia en el sistema y generando una protección adicional a la CPU.

Previo a la puesta en marcha del PLC debe instalar elementos de protección para sobrecargas, las mismas que puedan dañar el equipo, para la instalación y protección de los PLC's Siemens se ha utilizado contactores, fusibles y disyuntores (*breakers*).

3.2.1.1.1. Contactor

El contactor es un componente electromecánico con la capacidad de establecer o interrumpir el paso de corriente eléctrica, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se de tensión a la bobina. Tiene dos posiciones de funcionamiento llamadas “todo o nada”: estable, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y, otra inestable, cuando actúa dicha acción.

El contactor que se utilizó para la protección del PLC es de marca Siemens, modelo *Sirus* 3RT1026-1^a, como se muestra en la Figura 37.

Figura 37. Contactor Sirius 3RT1026-1A



Fuente: (Siemens, 2011)

Datos técnicos

- Ref. del fabricante: 3RT1026-1AN20.
- Tamaño constructivo del interruptor: S0.
- Clase de protección IP / frontal: IP20.
- Cantidad de polos para circuito principal: 3.
- Frecuencia de la tensión de alimentación de mando: 50/60 Hz.
- Conexión por tornillo.

3.2.1.1.2. Fusible

Fusible es un dispositivo constituido por un filamento que se intercala en un punto determinado de una instalación eléctrica para que se funda, por Efecto Joule, utilizado para la protección de sobrecargas eléctricas, es decir, cuando la intensidad de corriente supere, por un cortocircuito o un exceso de carga, un determinado valor que pudiera hacer peligrar la integridad de los conductores de la instalación, con el consiguiente riesgo de incendio o destrucción de otros elementos.

3.2.1.1.3. Disyuntor

El disyuntor o *breaker* es un elemento diseñado para interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica, que por él circula,

excede de un determinado valor o en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de no causar daños a los equipos eléctricos.

En la Figura 40 se puede observar cómo se encuentran ubicados los elementos de protección anteriormente descritos, sin embargo, se ha realizado los diagramas de fuerza y de mando para la visualización de los diagramas de conexión, los elementos actuales se encuentran en las Figuras del Anexo cuatro.

Las conexiones en los tableros, en donde se encuentran ubicados los PLC's, deben ir como se encuentra detallado en los diagramas de fuerza y mando ubicados en el Anexo 4.

Figura 38. Conexión de los: contactores, relés y los disyuntores en el tablero principal ubicado en la agencia Páez 657



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

3.2.2. Sensores

Una vez colocados todos los elementos de protección y la CPU, se pueden ir agregando en los módulos los sensores que se utilizarán, debido a que el control que vamos a realizar es para el sistema de iluminación, se utilizarán sensores cuya función sea la optimización este recurso.

3.2.2.1. Sensores de Movimiento

Estos sensores estarán ubicados en lugares de poca concurrencia de personas, pero deben estar iluminados al paso del personal por esas zonas, estos lugares son las gradas, baños y pasillos. Al contar con los beneficios de este sensor se tendrá un ahorro de energía, debido a que no habrá desperdicio de este recurso.

3.2.2.2. Sensores de Luminosidad

Para optimizar y maximizar los beneficios del sistema se utilizarán sensores de luminosidad, los cuales estarán ubicados en lugares específicos (preferentemente cerca de los ventanales), que permitan tener una optimización de la energía eléctrica y regular los niveles de luminosidad en cada puesto, para evitar los deslumbramientos inadecuados causados por la luz natural. Esto podrá ser logrado debido a que el sensor permite que la luz se encienda cuando la luminosidad ambiental pase por debajo del umbral inferior y se apague cuando rebase el umbral superior, de esta manera se podrá tener eficiencia energética.

El sensor (que se ve en la Figura 39) se utiliza para gestionar el nivel de luminosidad en un área, en función a la luz natural, cuando la luz natural del área de trabajo vaya aumentando el sensor enviará la señal a los actuadores de regulación para que la luminosidad se ajuste automáticamente a un Set Point previamente establecido, haciendo que disminuya el nivel de luz artificial, permitiendo una gestión inteligente del sistema.

Para establecer el Set Point se tendrá en cuenta el aporte de la luz exterior, teniendo en cuenta que llegue a cada puesto de trabajo la luminancia adecuada, según lo establecido por la norma ISO (Tabla 6). El valor de Set Point podrá quedar fijado, sin embargo, podrá ser modificado en cualquier momento, debido a las

circunstancias cambiantes del clima, por ejemplo: en época invernal la luz exterior es mucho menor a la luz suministrada en la estación de verano.

Las ventajas de la utilización del sensor son obvias: la reducción del nivel de luz artificial supondrá tener un ahorro de energía y mantener siempre un nivel de iluminación uniforme.

Figura 39. Sensor de Luminosidad SimonVit



Fuente: (simondomotica)

Tabla 16 Características del Sensor de luminosidad SimonVIT

Característica	Descripción
Alimentación de entrada	24 Vcc nominal 30 mA
Consumo	1.2 W
Rango de luminosidad	10-1000 lux
Rango de detección	Área detección circular 360°
Rango de T° de funcionamiento	-25 °C a 60 °C
Índice de protección	IP 20

Fuente: (simondomotica)

Las características del sensor de luminosidad se muestran en la Tabla 16, una consideración adicional es que estos sensores ya vienen calibrados de fábrica y deben ser colocados a una altura de 2.5m, con una superficie de trabajo de 0.75m de altura con un 30% de reflexiones (JUNG).

3.2.3. Unidad Terminal Maestra (MTU)

La selección del ordenador es otra de las partes importantes al momento de realizar el proyecto, ya que este debe contar con los suficientes recursos para soportar toda la robustez de los *software* que en él se van a instalar. Debe contar con puertos necesarios, tarjetas de video y de red para que funcionen correctamente los equipos.

Puesto que el sistema requiere de una visualización global de los procesos que se llevan a cabo en el sistema de iluminación, se utilizará un monitor LG de 32'', mientras que las características del CPU seleccionado fueron las siguientes:

- Procesador Intel Pentium® Dual-Core de 2.5 GHz.
- Memoria RAM de 2GB.
- Tarjeta de red Intel® 82578DM Gigabit Network Connection para 1Gbps/full dúplex.
- Disco duro SAMSUNG® H502HJ de 500GB.

El sistema operativo que será instalado en el ordenador es “Microsoft Windows XP Profesional” Servipack 3, debido a las licencias que mantiene el SRI. La adquisición del *software* deberá ir en relación con la compatibilidad del sistema operativo existente y la capacidad de soportar la migración posterior a un mejorado sistema operativo.

El *software* que se necesitó para la ejecución de este proyecto se detalla en la siguiente sección.

3.3. Software para realizar el SCADA

3.3.1. STEP 7 Basic

En el entorno para la programación del PLC SIMATIC S7-1200 se utilizará el *software* STEP 7 Basic v10.5 incorporado a *Totally Integrated Automation* (TIA), el cual es una herramienta que ofrece un entorno amigable, que permitirá configurar, administrar, desarrollar, editar y visualizar la lógica del programa necesario para controlar el S7-1200. El *software* incluye herramientas que permiten gestionar y

configurar todos los dispositivos del proyecto, herramientas que estarán controladas bajo un mismo entorno de forma rápida y sencilla.

Se puede utilizar dos tipos de lenguaje (KOP y FUP) e incluye las herramientas para crear y configurar dispositivos HMI en el proyecto.

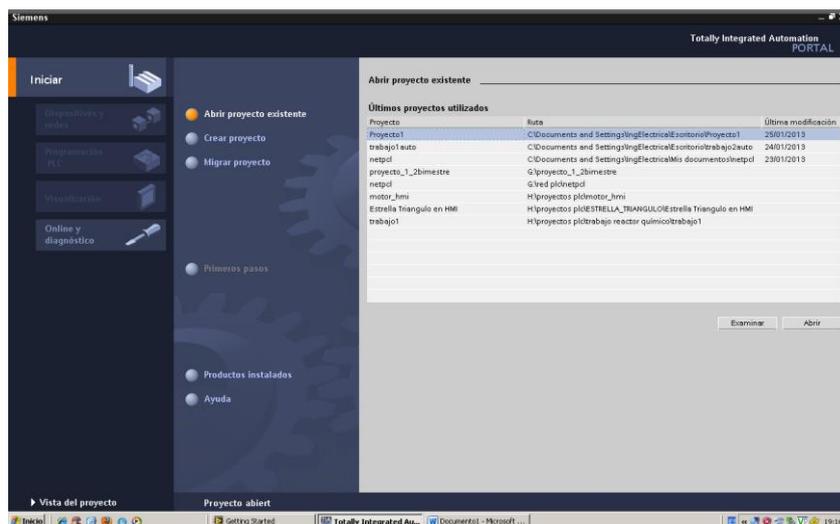
Finalmente, al ser todos los PLC's, que se desea incorporar, S7-1200, que se encuentran ya disponibles en las agencias y son de la misma marca, Siemens, toda la programación podrá ser realizada a través de su *software Step 7 Basic*, estos equipos manejan entornos diferentes de programación, debido a la actualización que incorpora el TIA Portal para los nuevos y fiables controladores SIMATIC. Se puede transferir la misma programación y comunicarla en el *software Step 7 MicroWin V4.0.9* mediante un convertidor *SIMATIC s7-200 to SIMATIC S7-1200 software conversión tool V11*, para no tener que cambiar la programación.

3.3.1.1. Diseño de la programación en *Step 7 Basic*

Esta sección será un guía para la inicio de la programación y configuración del PLC y así poder familiarizar con el entorno del TIA PORTAL.

Primero se debe abrir la aplicación de *Step 7*

Figura 40. Página principal del TIA Portal



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

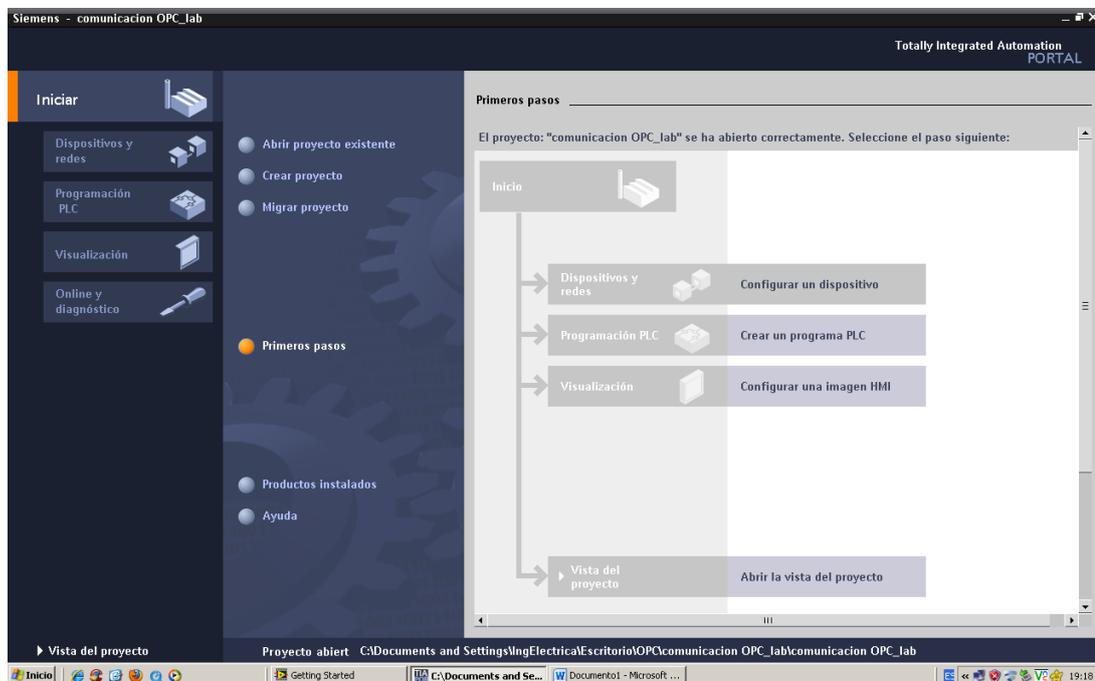
Para comenzar se debe crear un nuevo proyecto, aunque por defecto al iniciar el *software* desplegará la opción “Abrir proyecto existente”, pero se trata de una guía que iniciará desde cero creando un nuevo proyecto como se muestra en la Figura 40.

Al seleccionar un nuevo proyecto se desplegará una ventana en la cual se debe colocar la información respecto al proyecto, en esta opción se colocará el nombre del proyecto, autor y algún comentario adicional del programa, completar esta información, dar clic en “Crear”.

Después de haber creado un proyecto nuevo, se despliega la vista portal y por defecto se secciona “Primeros Pasos” (como se ve en la Figura 41), desde aquí tenemos las siguientes opciones para realizar:

- Configurar el dispositivo
- Crear programa PLC
- Configurar una imagen HMI

Figura 41. Página de configuración de primeros pasos en TIA Portal



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

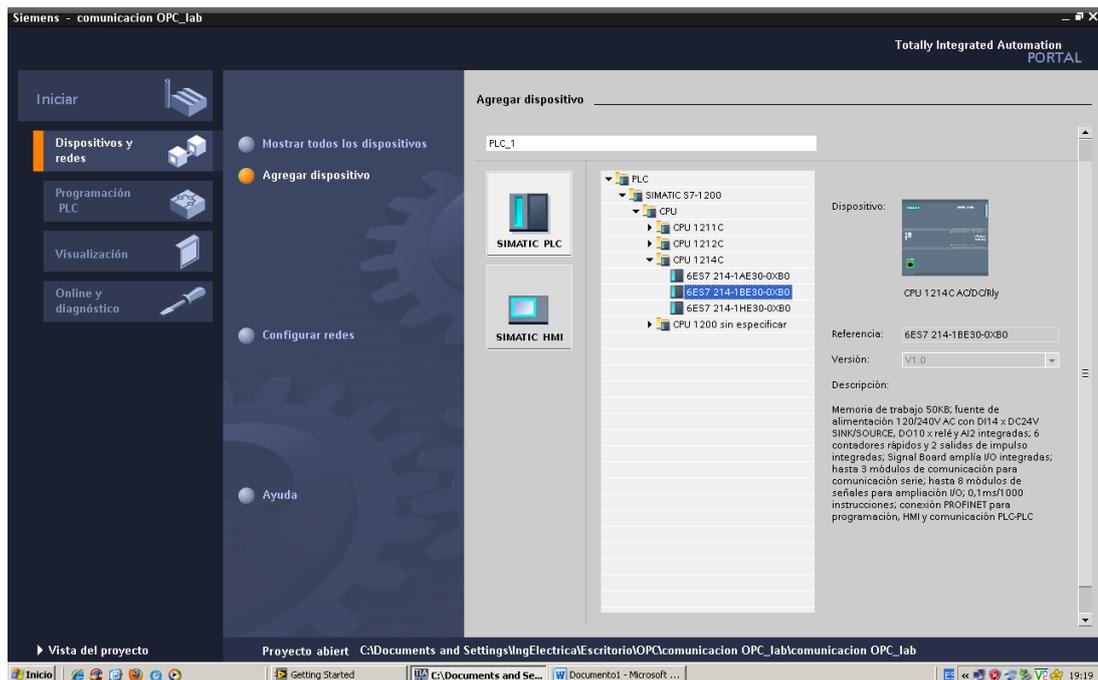
Así se comenzará por lo más básico, que es configurar el dispositivo que se va a utilizar.

Se debe dar clic en la opción de “Agregar nuevo dispositivo”, el cual desplegara dos opciones “SIMATIC PLC” y “SIMATIC HMI” (Para este proyecto únicamente se utilizara el PLC, mas no el Panel HMI, por lo que la guía se centrará en cómo configurar el PLC). Clic en el botón del PLC y aparecerá en la ventana del lado derecho una lista de PLC’s, aquí se debe seleccionar: el PLC, el tipo de CPU y la memoria (como se ve Figura 42).

La información del PLC que se utilizará en este proyecto se detalla a continuación:

- PLC SIMATIC S7-1200.
- CPU 1212C.
- 6ES7 212-1BD30-0XB0.

Figura 42. Ventana de agregar dispositivo en donde se selecciona el modelo, CPU, y memoria del PLC

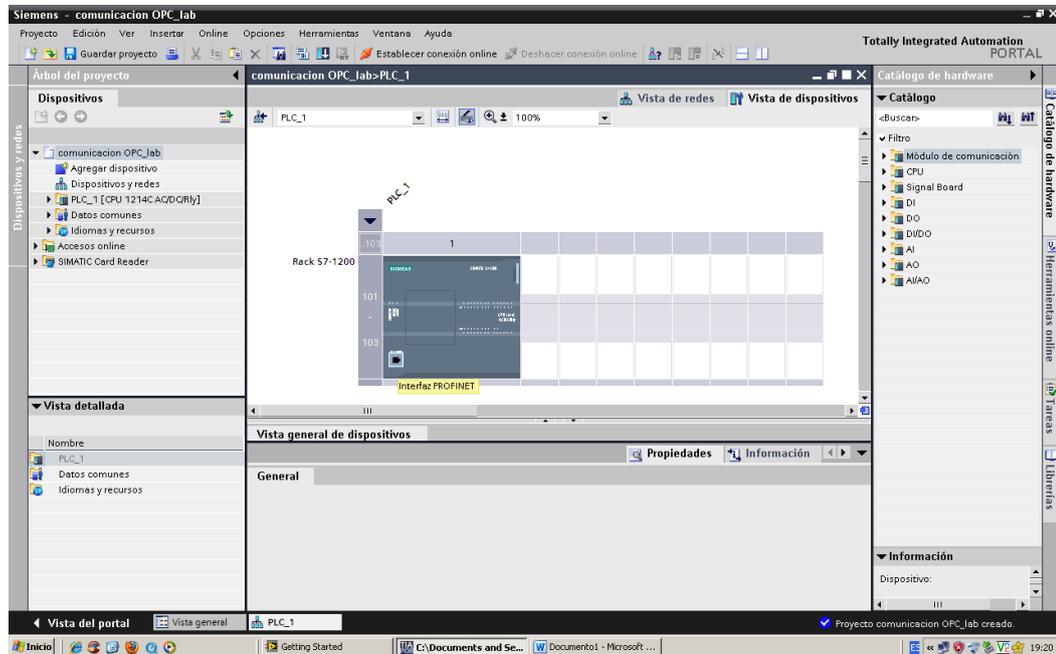


Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Una vez agregado el nuevo PLC aparecerá la ventana de configuración del *hardware*, en donde se podrá colocar los módulos que se tiene disponibles como son: módulos de I/O, módulos de comunicación, etc.

Se debe seleccionar del catálogo, del lado derecho, los módulos correspondientes, como se observa en la Figura 43 y se debe arrastrarlos y colocarlos en la ubicación correcta.

Figura 43. Ventana de configuración del Hardware del PLC



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Los módulos de comunicación se deben colocar:

- Al lado izquierdo de la CPU máximo tres módulos.
- Al lado derecho hasta ocho módulos de entradas y salidas.

Conforme se vaya insertando los módulos de comunicación en la parte inferior, se podrá ingresar a las propiedades del módulo: ver sus propiedades, direccionamiento, entre otras opciones más. Al terminar de colocar todos los módulos que se dispone, se debe transferir la configuración, primero se selecciona la CPU y se habilita el icono que se observa en la Figura 44, pero antes se debe configurar correctamente en la dirección IP del PC y del PLC, debido a que estamos utilizando la comunicación ETHERNET.

Figura 44. Ícono de transferencia de configuraciones e información al PLC

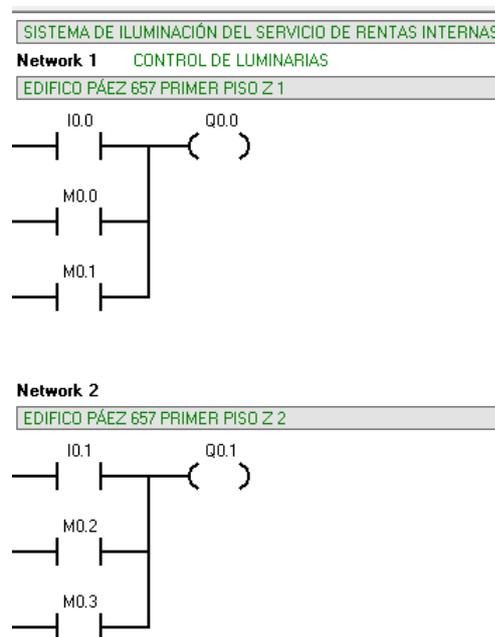


Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Ahora que está configurado correctamente el PLC, se podrá realizar la programación en el “Editor de Bloques”, que se encuentra en el lado izquierdo de la pantalla, se debe ingresar a “Bloques de Programa” y seleccionar un bloque que por defecto ya se encuentra creado, *Main* (OB1).

La lógica de la programación.

Figura 45. Lógica de programación para el encendido de luminarias en el edificio Páez 657



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Existen tres contactos: la entrada y dos marcas, las mismas que son para el control manual y la otra para el control automático, la salida tipo bobina que representará para las luminarias.

3.3.2. *Labview* DSC

Siguiendo con el fin de incorporar tecnología de vanguardia, se adquirirá el *software* de control de procesos *Labview*. La National Instruments (NI), propietario y creador del *software Lookout*, ha sacado una versión de *software* mejorado, *Labview*, que hoy en día se encuentra vigente y disponible en su versión *Labview 2012 summer*, esta cuenta con el paquete de *Labview DSC (Dataloggin and Supervisory Control)* que es una versión mucho más avanzada y que en especial la librería permitirá realizar un control SCADA eficiente, con características mejoradas que la que presenta *Lookout, software* con el que se dispone en la agencia, pero que actualmente ya no se encuentra disponible en el mercado.

El módulo de *Labview DSC* dado por sus siglas en ingles que traducido al español significa: Módulo de Control Supervisión y Registro de Datos, tiene una librería que da características y capacidades a *Labview*, las cuales proporcionan soluciones de supervisión y control de una gran variedad de sistemas distribuidos, con las cuales se puede crear aplicaciones que servirían para monitorear cierta cantidad de datos, usando la flexibilidad de su programación gráfica.

Este módulo de *Labview* va a proporcionar una serie de características que se detallan a continuación:

- Base de datos en tiempo real.
- Colección histórica de datos y direcciones.
- Reportes y registros de alarma y eventos.
- Conexión *OLE for Process Control (OPC)*.

El módulo DSC implementa características particulares, las cuales ayudan a *Labview* a potenciar su rendimiento en la aplicación del SCADA, dando soluciones para el control y supervisión del sistema.

Al seleccionar un *software* para las agencias del SRI, debemos tener en consideración que sea capaz de soportar numerosos protocolos de comunicación, debido a que se maneja diferentes protocolos para cada uno de los sistemas. *Labview* provee soporte para OPC, a través de su módulo *Labview DSC*, sin

embargo, este módulo también provee un protocolo de comunicación propio que optimiza el rendimiento.

Aunque *Labview* brinda las herramientas requeridas para gran parte de aplicaciones, también constituye un ambiente de desarrollo abierto. El cumplimiento de normas por parte del *software* ha permitido que se pueda trabajar con diferentes sistemas de *software* y *hardware* de medición y control. Al tener sistemas que posean normas abiertas se puede trabajar con otros fabricantes sin tener inconvenientes al momento de su implementación, esto asegurará que el SRI pueda mantener un sistema actual, aprovechando los beneficios que ofrecen otras marcas, igualmente reducirá el costo total de la implementación.

Actualmente la mayoría de fabricantes de *software* y *hardware* mantienen compatibilidad con el *software Labview*, lo que hace mucho más fácil la implementación de sus productos.

Como se ha mencionado en el capítulo anterior, este proyecto es parte de un gran proyecto que tiene el SRI, que trata de incorporar todos los sistemas que realizan el control a un solo *software* que unifique el entorno, pero sin dejar de lado las prestaciones, debido a que *Labview* es un *software* muy versátil que permite que un único ordenador disponga de este *software*, así podrá ser utilizado para innumerables aplicaciones y propósitos.

Manejar el *software Labview*, debido a su versatilidad, tendrá un impacto financiero muy bueno, dado a los costos reducidos de desarrollo, también se preservará la inversión del capital durante un largo periodo. Al transcurrir el tiempo y con la aparición de nuevas necesidades se puede modificar los sistemas sin necesidad de adquirir un nuevo *hardware*, lo que permitirá también poder extender las soluciones más allá de su alcance original, a medida del crecimiento del SRI, lo que asegurará que las aplicaciones desarrolladas, no únicamente funcionaran bien en la actualidad, sino también que se pueda utilizar nuevas tecnologías en el futuro.

3.4. Red

A medida que un sistema de adquisición de datos crece estos pueden ser almacenados en múltiples ordenadores y a su vez ser monitoreados centralmente. Ahora el desafío será comunicarse con los datos arrojados por el sistema y tener este tipo de datos en tiempo real.

Con el fin de facilitar las herramientas del *software*, este debe integrarse con la tecnología.

Las herramientas de red deben estar enfocadas a maximizar la transferencia de datos, siendo estos estables y confiables, que a su vez no produzcan interrupciones en la red.

Los servidores OPC están disponibles virtualmente para todos los PLC's.

3.4.1. Servidor OPC

Los servidores OPC son una interfaz industrial normalizada que permite comunicar datos en tiempo real, los que establecen un estándar que permite comunicar una gran cantidad de fuentes de datos, como también dispositivos de campo.

OPC tiene ciertas ventajas como las que se detalla:

- Los productores de equipos necesitan realizar una sola configuración del programa para que el cliente tenga acceso al dispositivo.
- Los desarrolladores de programas no tienen que reescribir los controladores debido a los cambios que pueda tener el equipo o el lanzamiento de un modelo nuevo.
- Los consumidores tienen más opciones con las cuales desarrollar los sistemas integrados de producción.

La arquitectura que mantiene OPC es un modelo cliente-servidor, donde el servidor OPC brinda una interfaz para manejar todos sus objetos.

Los servidores OPC están diseñados para acceder a los datos desde una red de servidores, las interfaces OPC pueden ser usadas en varias áreas dentro de una misma aplicación. En los niveles más bajos de la pirámide de automatización se pueden adquirir datos desde los dispositivos de campo y transmitirlos hacia un sistema SCADA.

3.4.1.1. Servidor de OPC KEPServerEX5.10

La elección del servidor OPC es fundamental al momento del desarrollo de cualquier tipo de proyecto en el cual se requiera comunicar el PLC con el entorno gráfico.

Para no tener problemas de incompatibilidad al realizar la comunicación se debe tomar en cuenta cuál es el tipo de *software* en el que se va a desarrollar la interfaz gráfica (en el caso de este proyecto *Labview* 2011) y en cuál la programación lógica del sistema (S7-1200).

Por esta razón, debido a que el OPC de *Labview* 2011 (NI OPC Servers), con el que se dispone en el momento del estudio, no es compatible con el PLC's SIMATIC S7-1200 se ha debido utilizar una alternativa de *software* de un servidor de OPC para realizar la comunicación KEPServerEX, tiene grandes características que brindan un amplia gama de compatibilidad con varias marcas y tipos de PLC, por lo que se ha tomado la decisión de utilizar este *software*, pero en su versión 5.10, pues las versiones anteriores no brindan la comunicación para el S7-1200.

Descripción del *software* KEPServerEX5.10

Esta versión de *software* ha sido rediseñada desde cero para brindar nuevas plataformas de comunicación. Actualizó nuevos tipos *device* que en anteriores versiones no se encontraban y que permiten brindar características de seguridad.

Esta interfaz permite maximizar los servicios del OPC, en el cual se puede agregar múltiples drivers de OPC dentro de un solo servidor de comunicaciones, sin tener que preocuparse por aprender, ya sea nuevos protocolos o aplicaciones, cada tipo de dispositivo (PLC). La lista de *drivers* incluidas en el PLC y en el dispositivo

da una base de aplicaciones específicas para cada aplicación lo que permite realizar una configuración rápida y fácil.

Ya con todas las herramientas de *software* instaladas en el ordenador se puede comenzar a estructurar el sistema, para lo cual primero se debe programar el PLC, el que será el encargado de realizar el control.

3.4.1.2. Configuración del servidor OPC

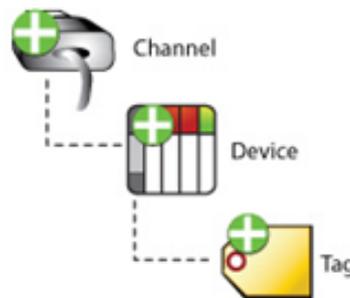
Primero se realizará la configuración del servidor de OPC, que posteriormente permitirá realizar la conexión entre el PLC SIMATIC S7-1200 y *Labview* 2011.

Es recomendable cerrar el TIA portal antes de realizar la configuración del servidor OPC, ya que en algunos caso el tenerle abierto genera errores.

Se debe seguir estos tres pasos (Figura 46) para configurar el servidor OPC.

- 1) Configuración del canal (un canal nos permitirá tener varios PLC's).
- 2) Configuración de dispositivo.
- 3) Configuración de *tags*.

Figura 46. Tres pasos para la configuración del servidor OPC.



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

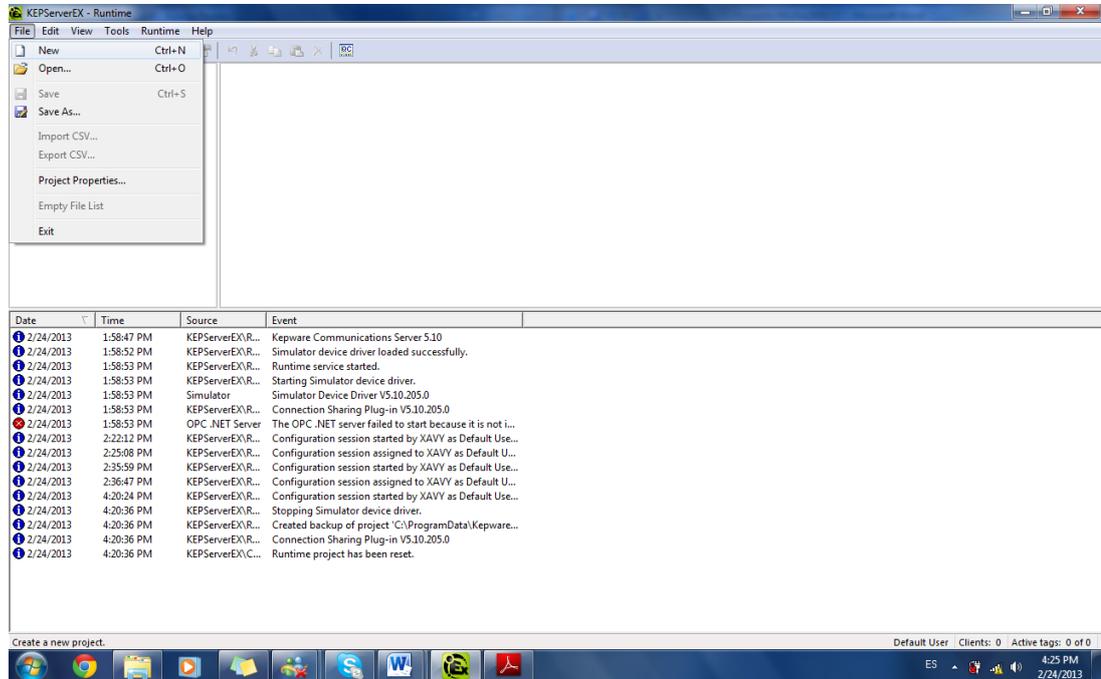
3.4.1.2.1. Configuración del canal

Primero se configurara un nuevo canal, se debe seleccionar "File", ubicado en la barra de menú, como se observa en la Figura 47, y seleccionar "New".

Un canal es el puerto de comunicaciones por el cual se llevará a cabo la transferencia de datos entre los diferentes dispositivos conectados y la unidad

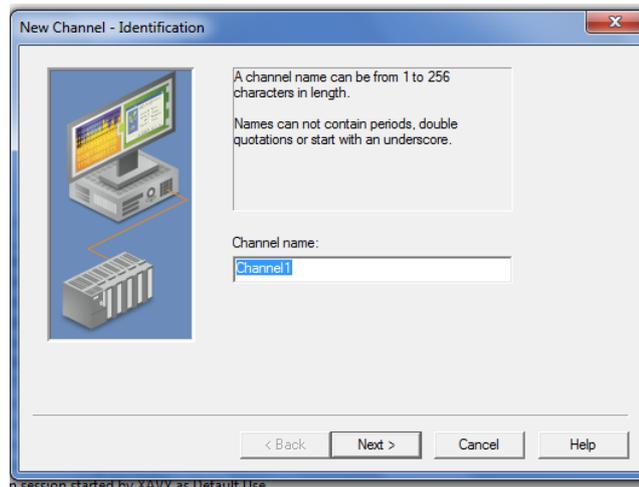
terminal maestra (MTU), en este caso la tarjeta de red inalámbrica instalada en el computador.

Figura 47. Creación de un nuevo canal en KEPServer



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Figura 48. Configuración de un nuevo canal

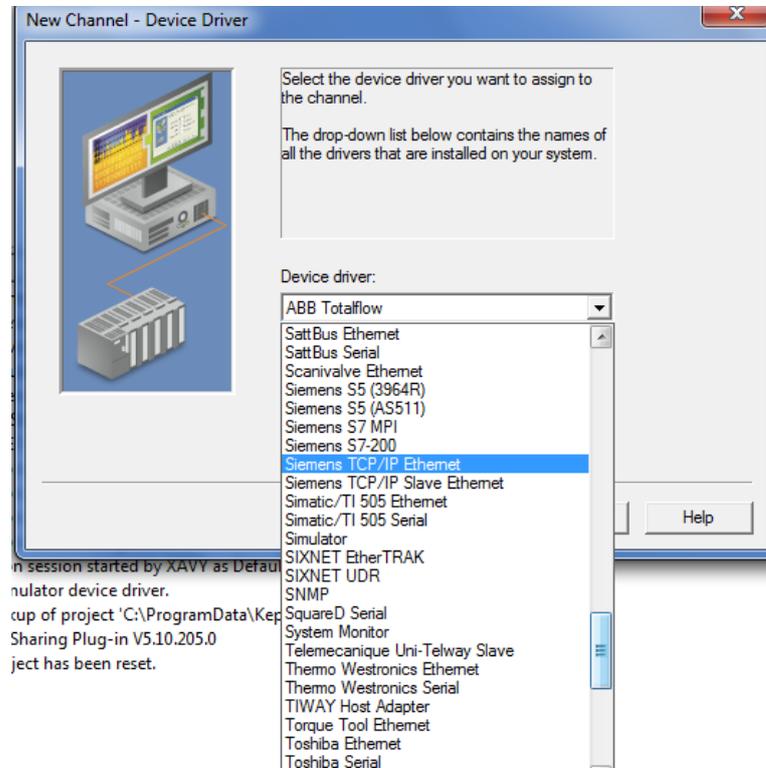


Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Al dar “Clic to add a channel” se desplegará una ventana, como se muestra en la Figura 48, en el cual se debe agregar el nombre del canal de comunicaciones, en este caso Siemens, y dar clic en el botón “Next”. La siguiente ventana desplegada (como se muestra en la Figura 49) es en la que se debe configurar el controlador (driver).

Seleccionar el tipo de comunicación que se va a utilizar en este caso “Siemens TCP/IP Ethernet” y habilitar la opción de detección de errores y dar clic en “Next”.

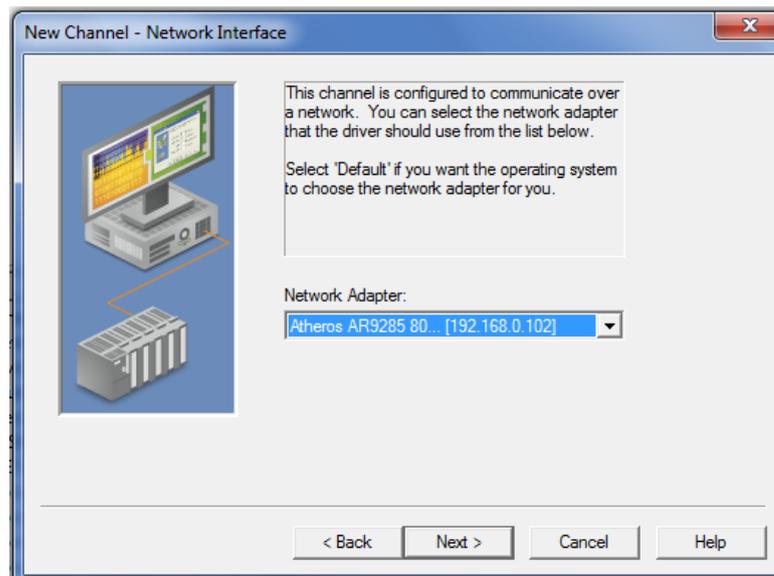
Figura 49. Selección el tipo de protocolo de comunicación que se va a utilizar



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

En la siguiente ventana se debe seleccionar la tarjeta de red que se va a utilizar, debido que estamos utilizando conexión TCP/IP Ethernet, como se observa en la Figura 50.

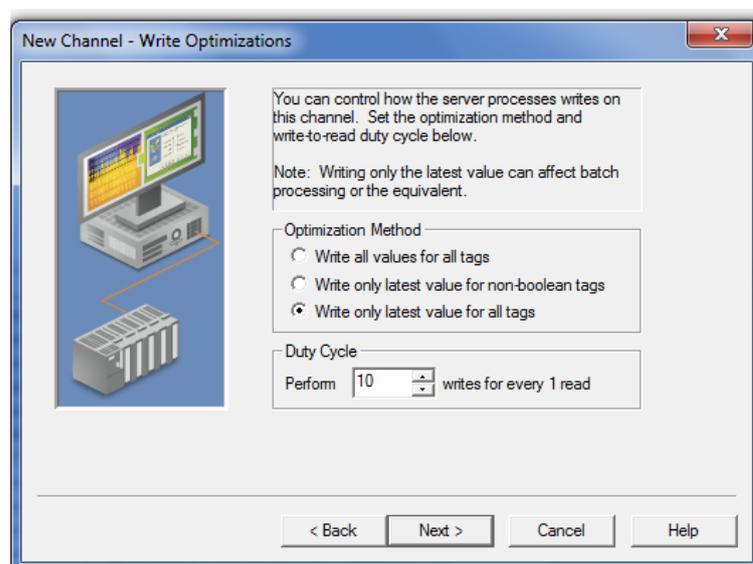
Figura 50. Seleccionar la tarjeta de red que está disponible en el equipo



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

En la ventana de “Write Optimizations” se debe establecer el método de la escritura de un canal el que permitirá optimizar la escritura de datos, como se observa en la Figura 51, se recomienda dejar los parámetros predeterminados y presionar “Next”.

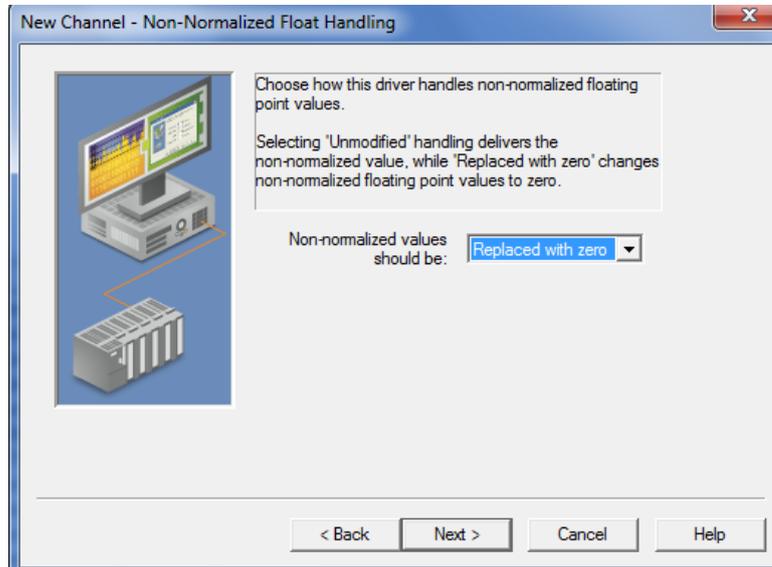
Figura 51. Configuración el control de como el servidor de OPC procesa la escritura en un canal



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

En la ventana de “Non-Normalized Float Handling” se puede elegir cómo el controlador se encarga de “no normalizar los valores del punto flotante”, como se observa en la Figura 52.

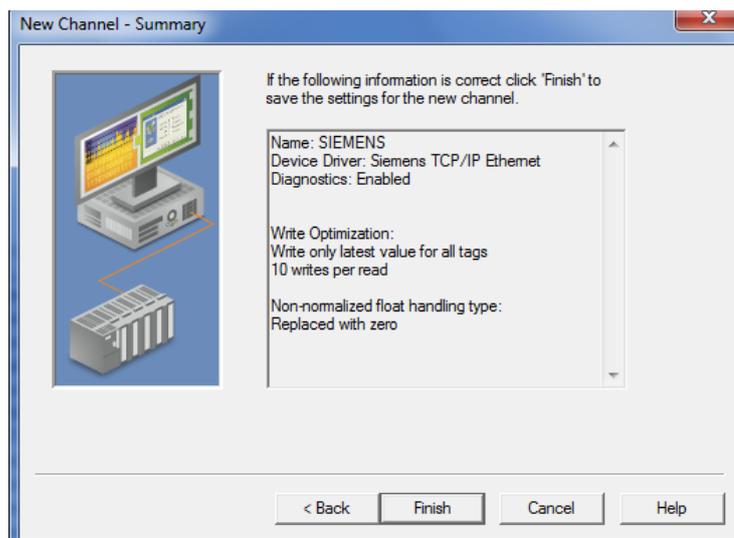
Figura 52. Configuración de la normalización de los valores



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Se puede verificar en esta ventana (como se observa en la Figura 53) el resumen de configuración del canal que se ha realizado, si la información contenida aquí es correcta, dar clic en “Finish” para que se guarde la configuración del canal.

Figura 53. Ventana de resumen de configuración del canal

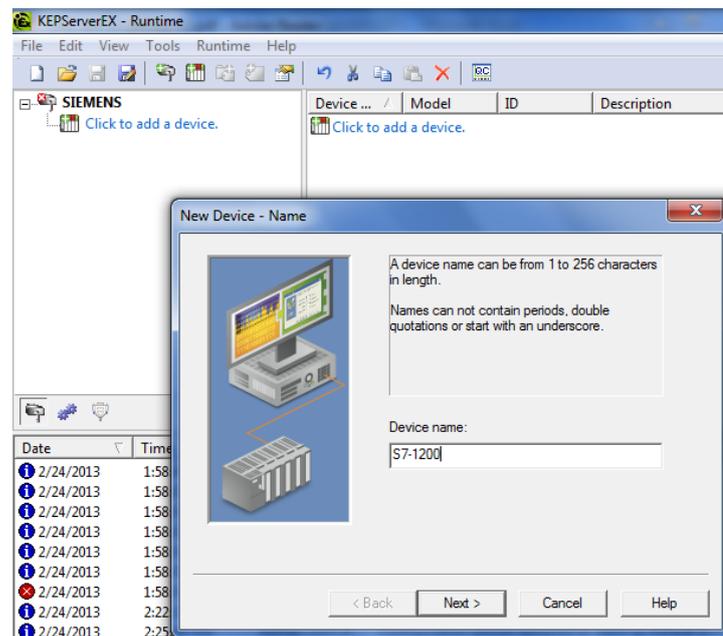


Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

3.4.1.2.2. Configuración del dispositivo (device)

En un canal de comunicaciones se pueden configurar varios equipos, al dar un “Click to add a device” en la parte superior izquierda, como se muestra en la Figura 54, agregará un dispositivo, y para esto se debe configurar; el primer paso es colocar el nombre del equipo, en este caso se usa el nombre del equipo que se está utilizando S7-1200 y clic en “Next”.

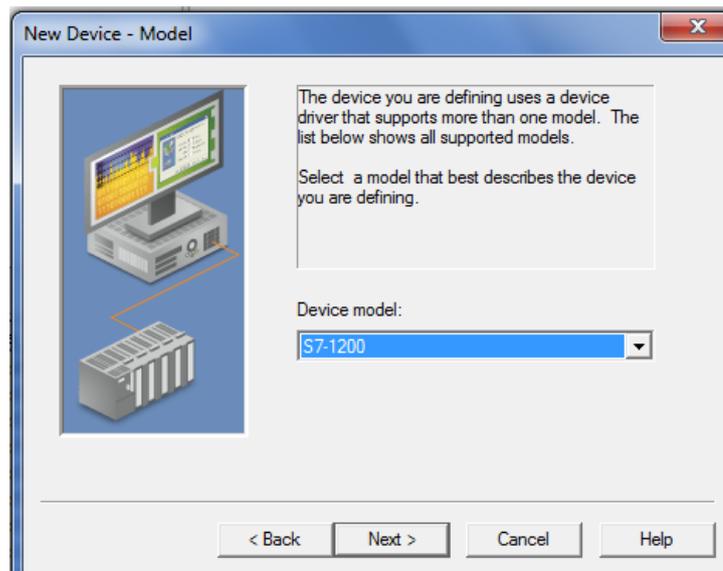
Figura 54. Creación de un nuevo PLC



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Como se observa en la Figura 55, en este paso se debe seleccionar el modelo del PLC que se desea utilizar, en esta ventana saldrán los modelos que estén disponibles dependiente de la configuración previa que se realizó del tipo de comunicación, la disponibilidad también dependerá de la versión del *software* que se ha adquirido.

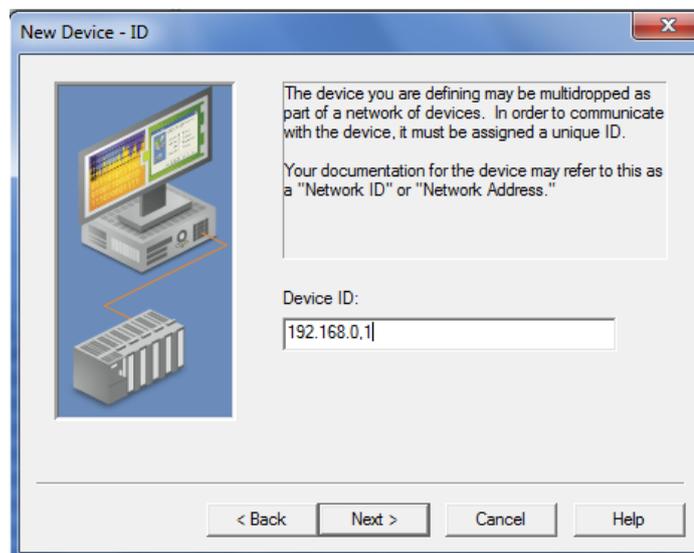
Figura 55. Ventana para la selección del modelo del PLC



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

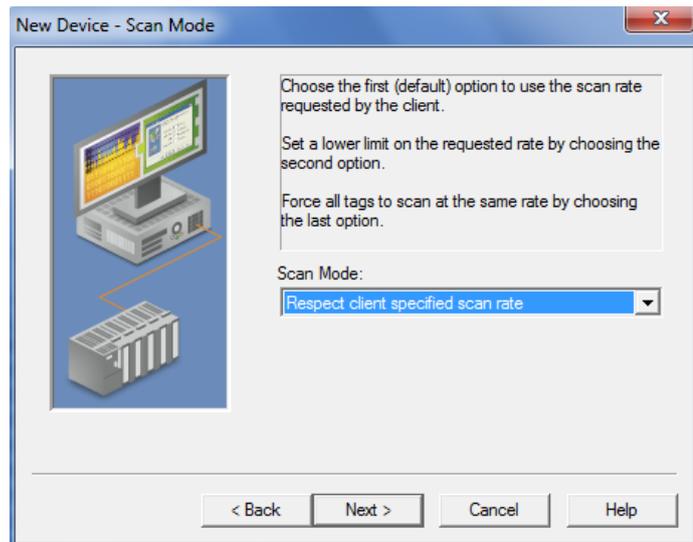
Como se observa en la Figura 56 se debe colocar la dirección que previamente configuramos, esta debe ser la misma dirección que colocamos en el PLC en la configuración realizada en el TIA Port, clic en “Next”.

Figura 56. Configuración de la dirección IP del enlace de comunicación



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Figura 57. Ventana de configuración del modo

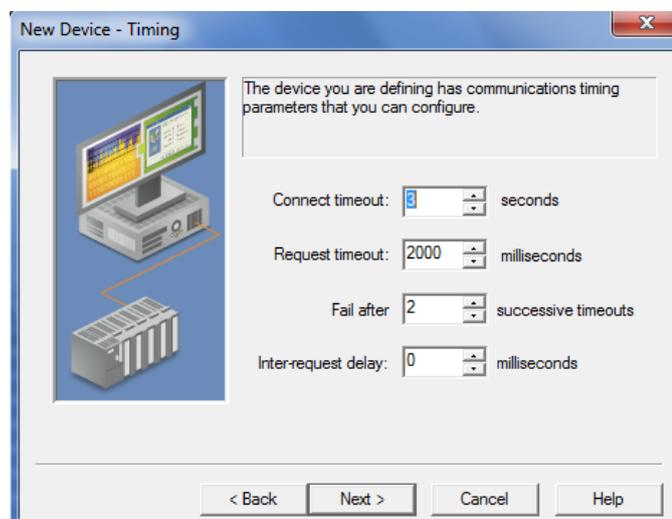


Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

En la ventana que se muestra en la Figura 57 se debe configurar el modo de escaneo, ahí se presentan las siguientes opciones:

- Se debe elegir la primera opción (por defecto) para utilizar la velocidad de escaneo solicitada por el cliente.
- Se puede fijar un límite inferior en la velocidad seleccionando la segunda opción.
- La última opción obligará a todas las etiquetas a que se analicen en la misma velocidad.

Figura 58. Configuración de sincronización y tiempo de espera del dispositivo



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias.

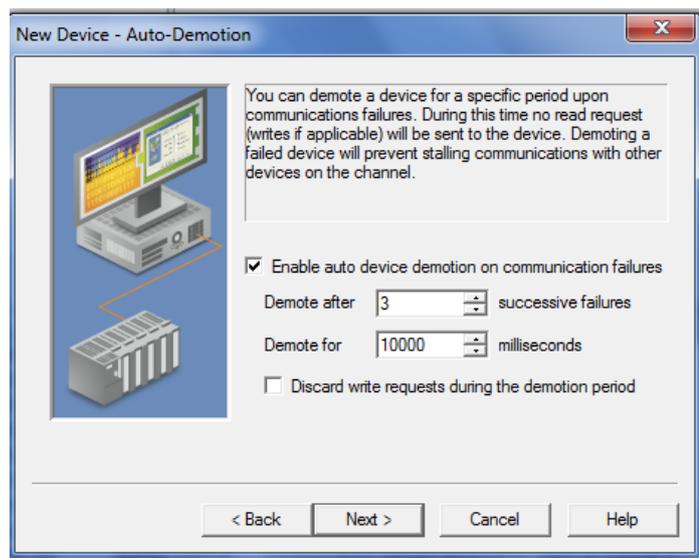
Configuración del tiempo de sincronización, en esta ventana (Figura 58) se puede definir los parámetros de tiempo de comunicación.

Las configuraciones de “Tiempo de Espera (Time Out)” se deben configurar en función del acceso al dispositivo y las características de mantenimiento del equipo, para de esta manera poder controlar el acceso del servidor OPC al equipo, evitando demoras en la adquisición de datos desde otros dispositivos activos.

Se puede configurar cuantas veces se vaya a esperar para dar de baja el dispositivo, después de fallas sucesivas “Fail After”.

Se puede habilitar la opción “Auto device demotion on communication failures”, como se observa en la Figura 59, esto permitirá que el dispositivo, en caso de una pérdida de comunicación, pueda intentar reconectar el dispositivo.

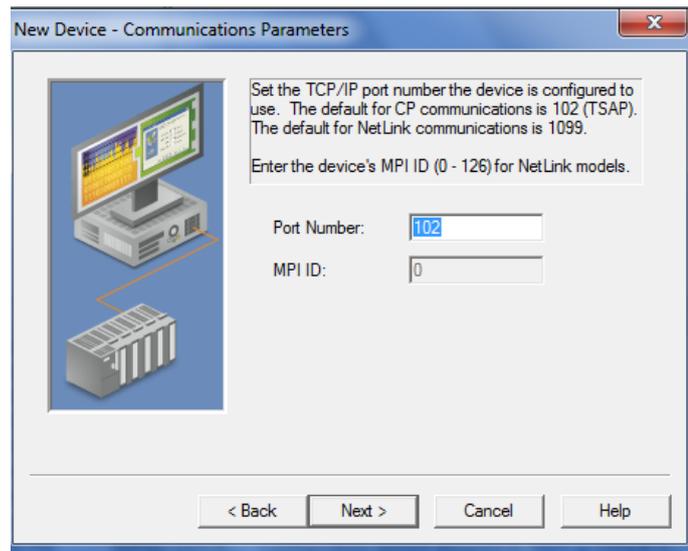
Figura 59. Configuración para dar de baja al dispositivo después de fallas sucesivas



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

En esta ventana (Figura 60) se coloca el número de puerto que se debe usar, para comunicaciones con el dispositivo está definido en el protocolo ISO en TCP, el cual corresponde al puerto 102, que por defecto se encuentra también configurado en los procesadores de comunicación que se utilizan.

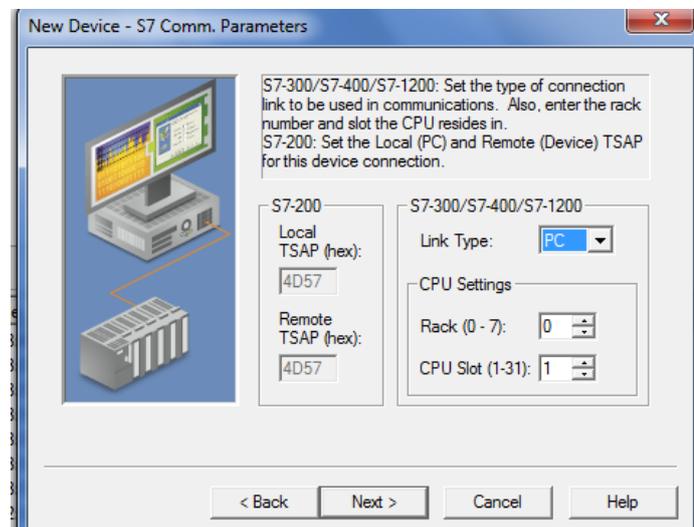
Figura 60. Configuración del número de puerto para comunicaciones



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

En esta ventana, como se observa en la Figura 61, se debe colocar el tipo de conexión y la ubicación de la CPU en el bastidor, para ser utilizado en la comunicación.

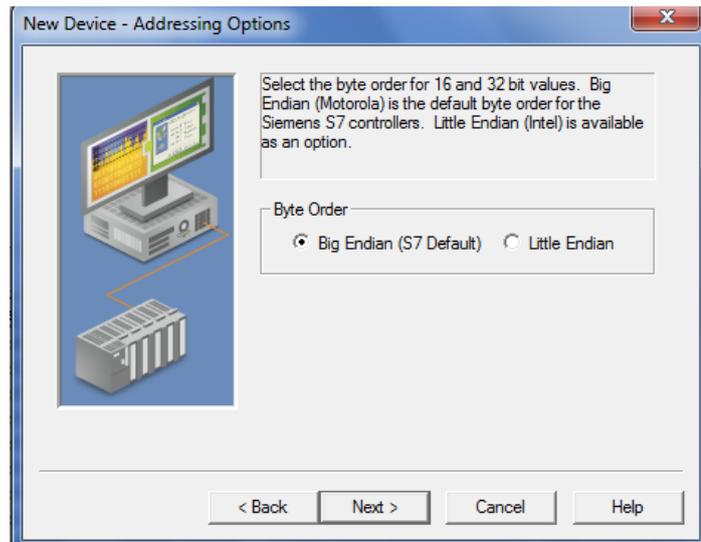
Figura 61. Configuración del número de puerto para las comunicaciones



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

En esta ventana, como se observa en la Figura 62, se debe seleccionar el tipo de orden de los valores de bits, se debe dejar en la predeterminada y dar clic en “Next”.

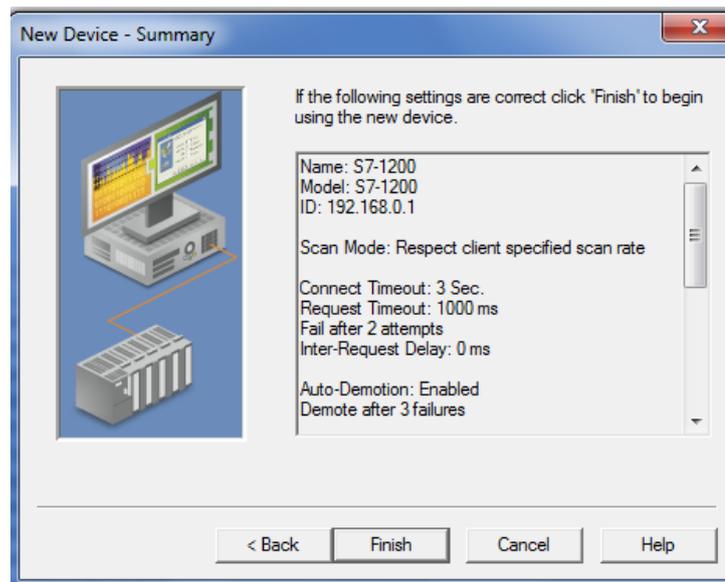
Figura 62. Configuración de orden de bytes para valores de 16 a 32 bit



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

En esta ventana, como se observa en la Figura 63, se puede observar y confirmar la configuración de todos los parámetros que se realizó anteriormente es la correcta, si es así se debe dar clic en “Finish” y terminará la configuración del dispositivo o, caso contrario, se puede regresar y modificar un parámetro que no se haya configurado adecuadamente.

Figura 63. Ventana de resumen de la configuración del dispositivo



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Ahora ya está configurada la comunicación del PLC SIMATIC S7-1200 con el ordenador mediante el OPC, es decir, que desde un cliente OPC se puede monitorear las entradas, salidas y parámetros del sistema del PLC.

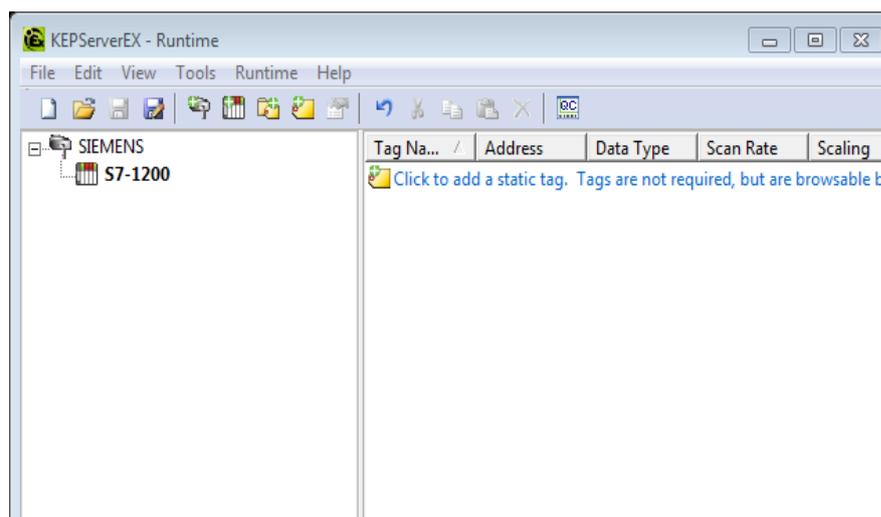
3.4.1.2.3. Configuración de etiquetas (*Tags*)

Los *Tags* OPC representan a las variables contenidas en el PLC, por lo cual dentro de la configuración de los diferentes *tags* se los direccionarán a las variables del PLC, tanto físicas como lógicas.

Primero es recomendable crear una etiqueta estática (*Static Tag*) para realizar una prueba de comunicación con el OPC, antes de seguir con la programación del *Labview*, si falla, será inútil seguir con la comunicación ya desde *Labview*.

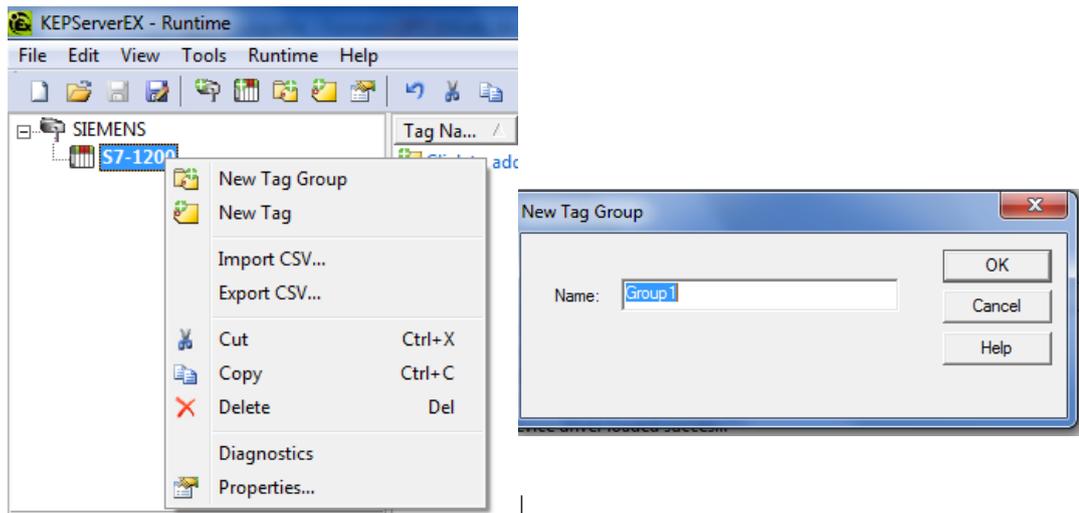
Presionar en el botón “click to add a static tag” (Figura 64) para crear un “new tag” individual, pero cuando se maneja una gran cantidad de etiquetas (*tags*), se las debe organizar en variables del mismo tipo, en un grupo de etiquetas, “Tag Group” (Figura 65), y estas vincularlas a las entradas y salidas digitales; cada etiqueta individual podrá ser modificada. Aquí se leerá todo el puerto de entradas de la dirección “I0”, clic en “Ok” y la etiqueta será agregada al proyecto.

Figura 64. Creación de una nueva etiqueta



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Figura 65. Creación de un nuevo grupo de etiquetas “Tag Group”

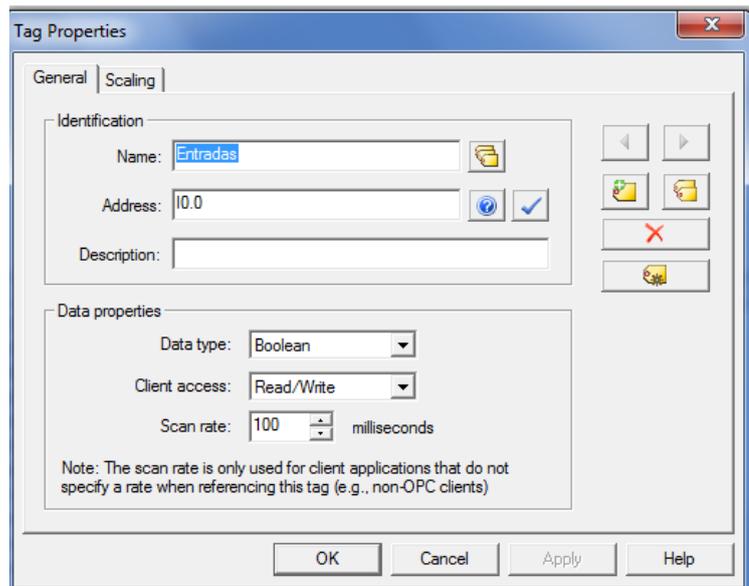


Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Las etiquetas corresponden a la dirección lógica que fue asignada en las configuraciones del programa del PLC (TIA Portal), por lo cual su vinculación debe ser exacta para evitar cualquier tipo de problema en la adquisición de variables mediante el Servidor OPC.

Colocar el tipo de variable que se está creado y el acceso, es decir, si es de escritura y lectura, o solo lectura, como se muestra en la Figura 66.

Figura 66. Ventana de configuración de la etiquetas.



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias.

La configuración del “Scan rate” es el tiempo de actualización, este tiempo debe ir conjuntamente con la creación de etiquetas, es decir, entre más etiquetas el periodo de actualización también incrementa, esto evitará que al momento de actualizar las etiquetas el tiempo no vuelva lento al servidor OPC.

3.4.2. OPC Quick Client

Para comprobar que el Autómata se está comunicando correctamente con el servidor OPC dar un clic en Runtime, que se encuentra ubicado en la barra de menú y luego en *Connect*, al dar clic en el icono “Quick Client” (ubicado sobre barra de herramientas) se puede probar la adquisición de datos desde el PLC, tanto el estado de la variable como su periodo de actualización.

Figura 67. OPC Quick Client de KEPServer

Item ID	Data Type	Value	Timestamp	Quality	Update Count
_System_TotalTagCount	DWord	755	16:50:31:326	Good	5
_System_Time_Second	DWord	3	16:51:03:329	Good	37
_System_Time_PM	Boolean	1	16:50:29:288	Good	2
_System_Time_Minute	DWord	51	16:51:00:328	Good	3
_System_Time_Hour24	DWord	16	16:50:29:288	Good	2
_System_Time_Hour	DWord	4	16:50:29:288	Good	2
_System_Time	String	16:51:03	16:51:03:329	Good	37
_System_ProjectName	String	linea_6.opf	16:50:29:288	Good	2
_System_FullProjectName	String	X:\proyectos\Tigre...	16:50:29:288	Good	2
_System_DateTimeLocal	Date	2010-12-14T16:51:...	16:51:03:329	Good	37
_System_DateTime	Date	2010-12-14T21:51:...	16:51:03:329	Good	37
_System_Date_Year4	DWord	2010	16:50:29:288	Good	2
_System_Date_Year2	DWord	10	16:50:29:288	Good	2
_System_Date_Month	DWord	12	16:50:29:288	Good	2
_System_Date_Day	DWord	14	16:50:29:288	Good	2
_System_Date	String	14/12/2010	16:50:29:288	Good	2
_System_ClientCount	DWord	2	16:50:29:326	Good	3
_System_ActiveTagCount	DWord	755	16:50:31:326	Good	5

Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Si la comunicación es la correcta se verá todo en “Good”, como se ve en la Figura 67. En este paso se puede comprobar el periodo de actualización de las variables, si estos toman mucho tiempo se deberá realizar una corrección en el valor de “Scan Rate” de cada variable, para esto se debe elevar dicho valor en incrementos del 25 al 50% del valor anterior.

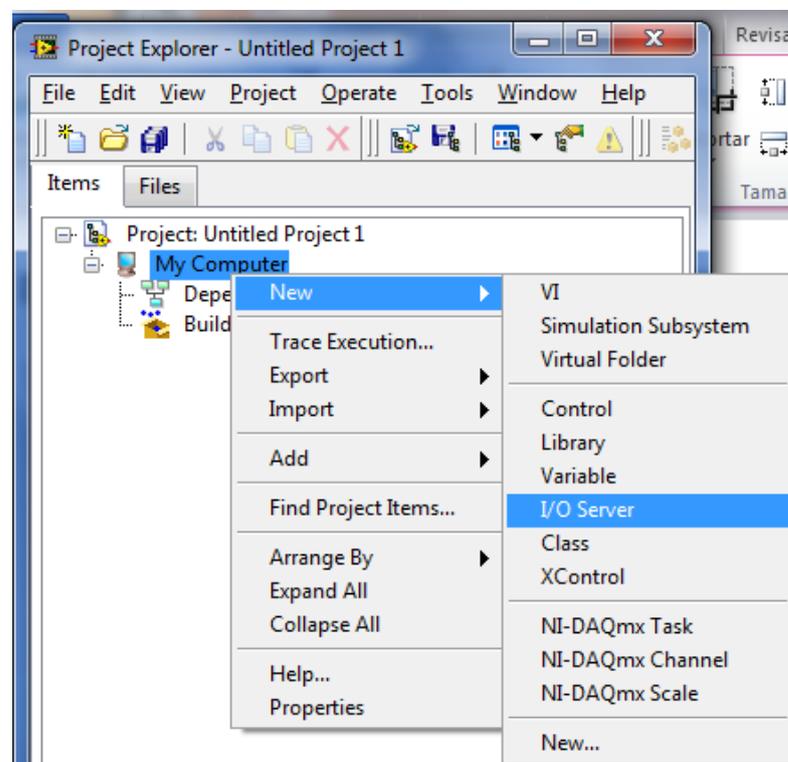
Si la configuración es correcta se puede continuar agregando las demás etiquetas que se requieran para el proyecto, al finalizar de crear se debe guardar y salir del servidor OPC, pues la configuración ha concluido.

Concluida la configuración del servidor OPC se puede conectar a cualquier cliente OPC para monitorear el Autómata, en el caso de este Proyecto se utilizara *Labview* como cliente OPC.

3.5. Monitoreo desde *Labview*

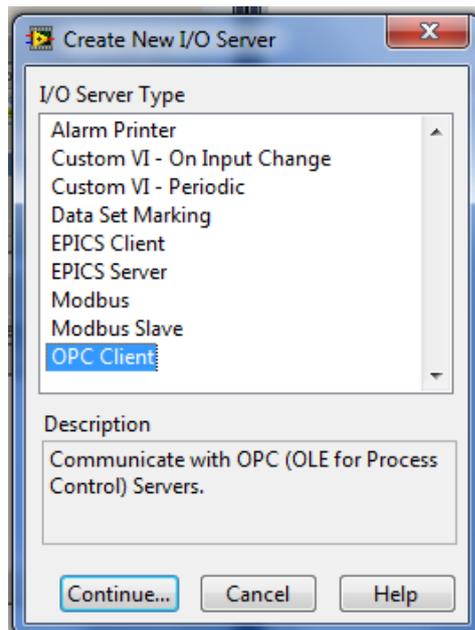
Para observar el comportamiento de las etiquetas se debe abrir *Labview* (que debe estar instalado en el módulo DSC previamente) dar un clic en “Empty Project” clic derecho en “My Computer” como se muestra en la Figura 68 “New” “IO Server”.

Figura 68. Pasos para configurar el servidor de entradas y salidas en Labview



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

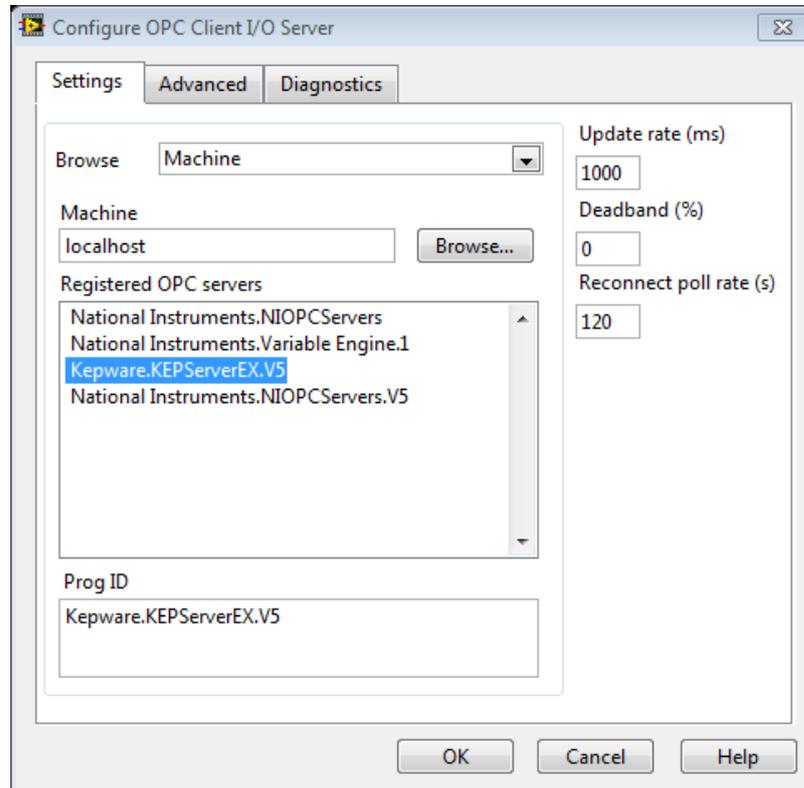
Figura 69. Seleccionar el OPC client en la ventana de servidor de entradas y salidas



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Seleccionar OPC Client como se muestra en la Figura 69

Figura 70. Listado de servidores OPC disponibles.



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

En la pantalla de configuración del OPC se debe seleccionar el Servidor OPC que se utilizó, en este caso *Kepware*. KEPServerEX.V5, como se muestra en la Figura 70.

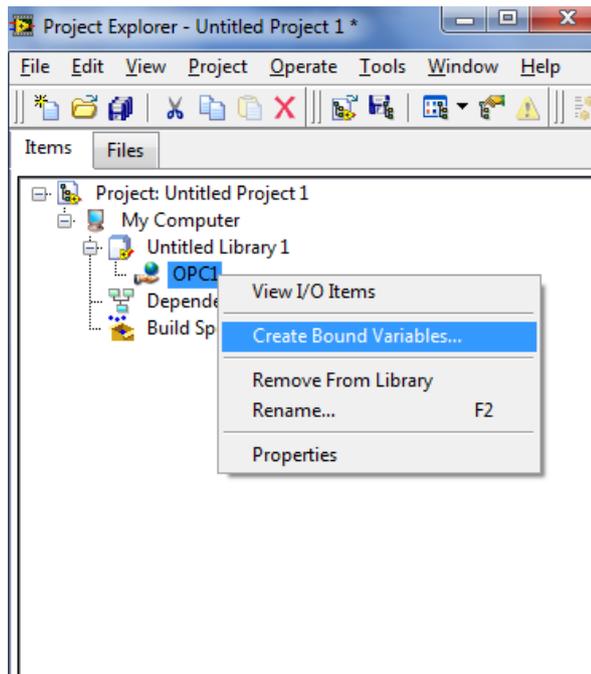
En esta ventana de configuración también se puede configurar los siguientes parámetros:

- “Update Rate (ms)” que es la tasa a la que el servidor se comunicará con el PLC, realizando un barrido completo para hacer la actualización que se recomienda configurar a 100ms en lugar de los 1000ms predefinidos, debido a que el programa del PLC corre relativamente rápido.
- “Reconnect poll rate” es el tiempo que el *software* analizara si se ha perdido la comunicación (desconectado) para realizar la reconexión.
- “Deadband” que es el porcentaje de banda muerta.

Configurado todos estos parámetros, dar clic en “OK”.

Bajo el proyecto que se creó se puede verificar si se ha creado el servidor de OPC. Una vez que se ha configurado en el servidor las entradas y salidas I/O se podrá importar las variables (*Tags*) dando clic derecho en “My Computer” y seleccionando “Create Bound Variables”, como se muestra en la Figura 71.

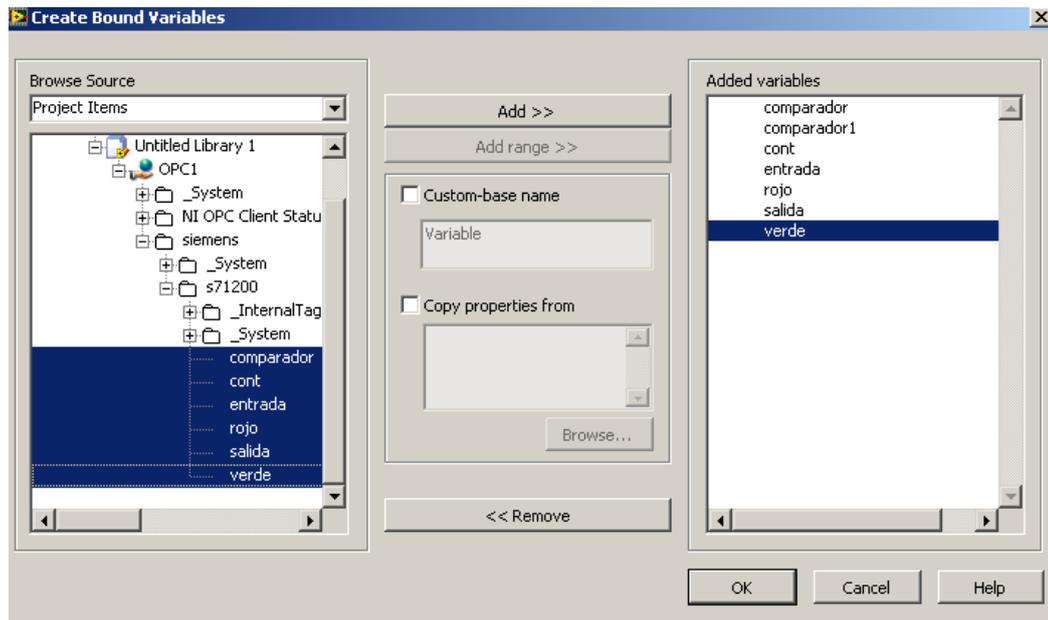
Figura 71 Ventana para la creación de las variables



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Esta ventana que se muestra en la Figura 72 permitirá la importación de variables, para lo cual se debe ir desplegando el árbol (en la parte izquierda de la ventana) hasta encontrar la carpeta en donde se ubicó los “Static Tags” en el servidor OPC (aparecerán las etiquetas que previamente se crearon en el KEPServer), seleccionar todas las etiquetas y dar un clic en “Add”, estos a su vez se pasarán al lado derecho de la ventana, siendo agregadas al proyecto de *Labview*, finalmente clic en “OK”.

Figura 72 Seleccionar las etiquetas creadas en el KEPServer y agregarlas al proyecto en Labview



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

En la siguiente pantalla (Figura 73) se muestra el editor de variables, donde se pueden habilitar diferentes opciones para cada variable.

Figura 73. Editor de múltiples variables

	Path	Name	Var Type	Data Type	Network-Published: Buffering	Network-Published: Buffer Size	Network-Published: Bind to Source
Barril - Zona 1	.../My Computer/Untitled Library 1/	Barril - Zona 1	Network-Publis...	UInt16	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>
Barril - Zona 2	.../My Computer/Untitled Library 1/	Barril - Zona 2	Network-Publis...	UInt16	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>
Barril - Zona 3	.../My Computer/Untitled Library 1/	Barril - Zona 3	Network-Publis...	UInt16	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>
Barril - Zona 4	.../My Computer/Untitled Library 1/	Barril - Zona 4	Network-Publis...	UInt16	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>
ON - Barril - zona 1	.../My Computer/Untitled Library 1/	ON - Barril - ...	Network-Publis...	Boolean	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>
ON - Barril - zona 2	.../My Computer/Untitled Library 1/	ON - Barril - ...	Network-Publis...	Boolean	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>

Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

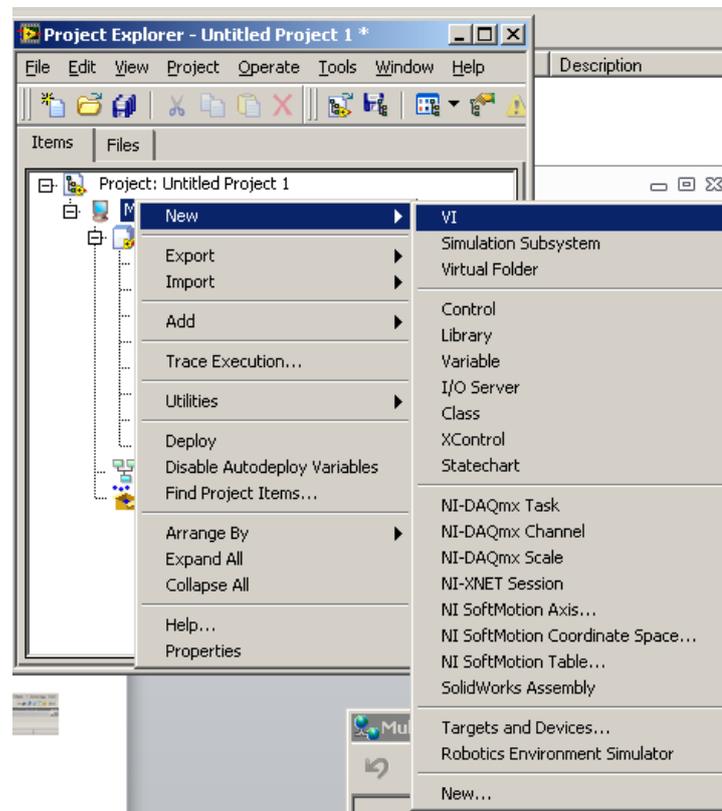
Ya configurada y lista la comunicación entre el PLC y el *Labview* se diseñará el entorno en *Labview*, la visualización, los datos históricos, seguridad, accesos, entre otros, para esto se deberá crear un VI (Cifra Infra) en donde serán arrastradas las variables que se crearon y configuraron anteriormente, aquí se podrá monitorear el comportamiento del PLC en tiempo real.

3.5.1. Características y elementos de VI

Los ficheros creados con *Labview* se llaman Instrumentos Virtuales (VI), estos son capaces de modificar las entradas del usuario o datos provenientes de otras fuentes (National Instruments Corporation, 2003).

Para la creación de un nuevo VI se debe dar clic derecho en “My Computer”, como se indica en la Figura 74.

Figura 74 Creación de un nuevo VI a partir de un proyecto



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Cada VI se compone de las siguientes partes:

- Panel frontal.
- Diagrama de bloques.
- Icono y conector.

3.5.1.1. Panel frontal

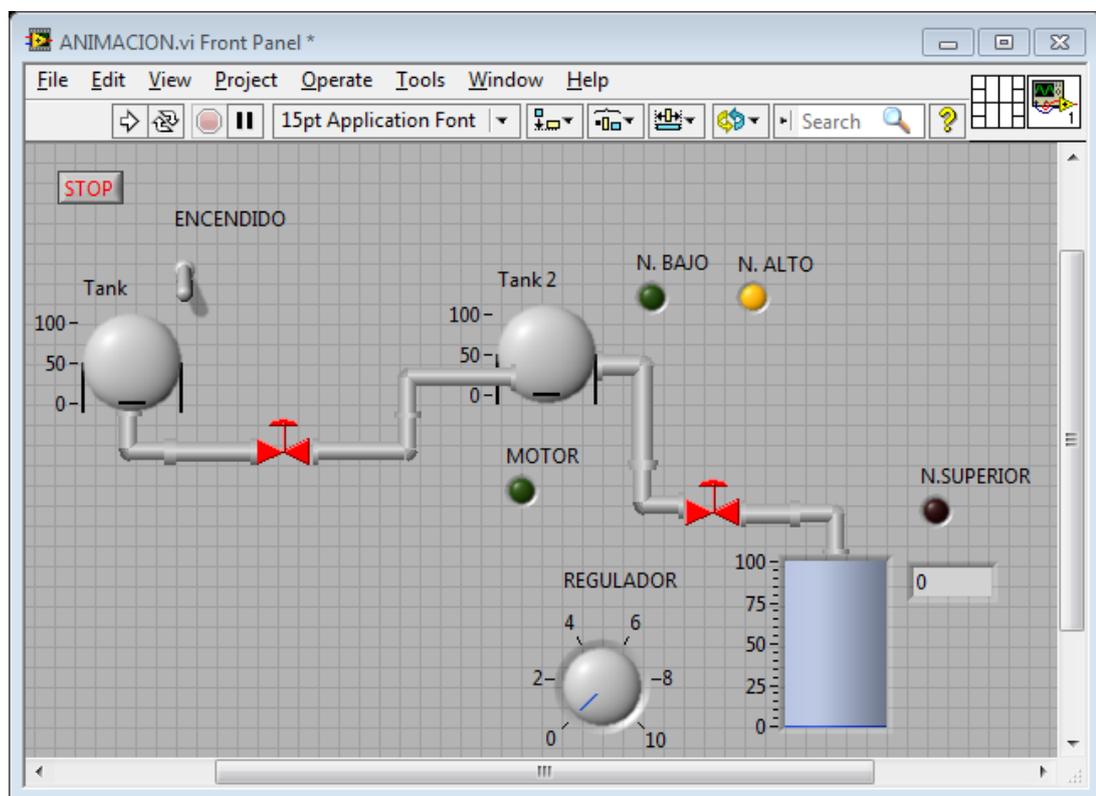
El panel frontal es la interfaz del usuario con el VI, allí se pueden encontrar controles de entrada, visualizadores de salida, cuadros de diálogos, entre otros (ver Figura 75).

La construcción del diseño del panel frontal se la realiza mediante controles que corresponden a las entradas del VI e indicadores, estos corresponderán a las salidas.

Los controles son representados por: diales, botones, potenciómetros o cualquier otro dispositivo de entradas que suministran los datos de entrada.

Los indicadores en cambio son representados por: gráficos, *displays*, LED, que simulan los dispositivos de salida y visualizan los datos adquiridos o generados por el VI.

Figura 75 Ejemplo del Panel frontal



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

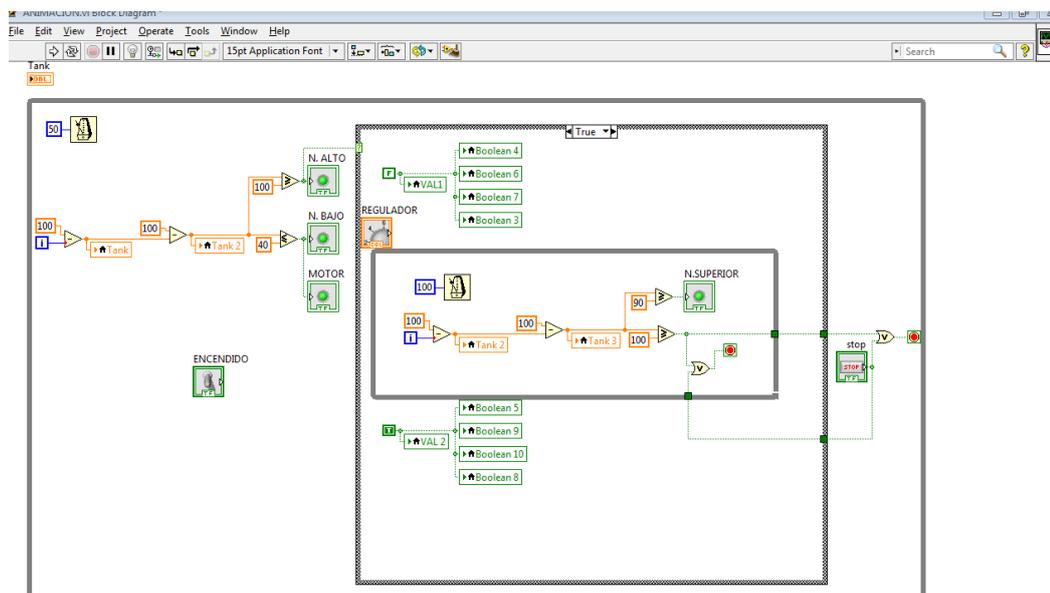
3.5.1.2. Diagrama de bloques

El diagrama de bloques no es más que el código gráfico con el que se desarrolla el VI (en la Figura 76 se puede observar los elementos del diagrama de bloques), que posteriormente será visualizado por el usuario en el panel frontal.

Aquí se puede encontrar los siguientes elementos:

- Terminales: representan el tipo de dato del control o indicador. Los elementos que se colocan, el panel frontal también aparecen como terminales en el diagrama de bloques.
- Nodos: son objetos que tienen entradas/salidas y realizan operaciones cuando el VI se ejecuta, por ejemplo son los operadores de suma, resta, multiplicación, división.
- Cables: son las conexiones entre los diferentes terminales y nodos. El aspecto del cable, es decir, el color, grosor identifica que tipo de dato puede transmitir por este cable. Si se muestran como líneas entrecortadas significa que la conexión está mal realizada o se ha producido algún error.
- Estructura: se utilizan las estructuras para repetir bloques de código o para ejecutar código de forma condicional o en un orden determinado.

Figura 76 Ejemplo de diagrama de bloques



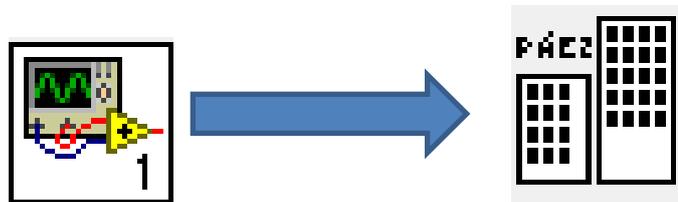
Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

3.5.1.3. Ícono y rejilla de conexión

Una vez diseñados el diagrama de bloques y el panel frontal, se puede diseñar el ícono y la rejilla de conexión, ya que cada VI se puede convertir en un subVI.

- Ícono: es la representación de un VI, el diseño del ícono puede ser modificado conteniendo texto, gráficos o la combinación de ambos, como se muestra en la Figura 77.

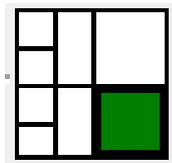
Figura 77 Edición de un ícono de un VI original a uno personalizado



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

- Rejilla: para utilizar un VI como SubVI se debe personalizar la rejilla de conexión, este es un conjunto de terminales que corresponde a los controles e indicadores del VI. A la rejilla se le puede asignar hasta 28 terminales (como se ve en la Figura 78), aunque es recomendable utilizar hasta 16 terminales para de esta manera no reducir su funcionalidad y conectividad.

Figura 78. Rejilla de conexión de 8 terminales



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Después de haber construido el VI, crear su ícono y la rejilla, podrá ser utilizado como un subVI. El uso de subVI's permite la realización de aplicaciones fáciles de comprender y depurar.

Se pueden diseñar con facilidad aplicaciones complejas utilizando una estructura jerárquica, además, hacer que los subVI's realicen tareas más sencillas dentro de un VI general y que puedan ser utilizados las veces que sean necesarias.

3.5.2. Diseño de las pantallas

Con estos conocimientos se puede empezar a diseñar los VI, y los subVI se irán diseñando en orden jerárquico.

El primer VI, que será posteriormente hecho un subVI, se diseñará con una ventana tipo “*Splash*”, que estará visible por un lapso de tiempo de 5 segundos; el objeto de esta pantalla es mostrar una presentación en donde se detalla información del creador, dar la bienvenida al inicio del programa (como se muestra en la Figura 79) y también da el tiempo necesario para que el programa se compile correctamente cargando las variables extraídas del OPC.

Se ha utilizado un “lazo while” y dentro un “elapsed time” para que automáticamente se cierre la pantalla después de haber concluido con su objetivo, también se adiciona una música de fondo para mejorar la presentación de esta pantalla.

Figura 79. Portada ventana tipo *splash*



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Después del cierre de la ventana de bienvenida aparecerá esta pantalla, que será la ventana principal (Figura 80) y permitirá que el operador pueda navegar entre los edificios, ingresar a los horarios y ver el estado de los sensores.

Las especificaciones del funcionamiento de cada botón del menú principal se detallan en la Tabla 17.

Figura 80. Pantalla Principal



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Tabla 17 Función de cada uno de los botones de la pantalla principal.

BOTÓN	FUNCIÓN
LOGIN	Permite validar la clave que se ingreso
LOGOUT	Permite desvincularse del nivel que se encuentra
LOGOUT Y EXIT VI	Permite salir de la aplicación
HORARIOS	Permite acceder a configurar los horarios
TRENDS	Gráficas en tiempo de real de los sensores
AYUDA	Accede al manual de usuario
REPORTES	Accede a la generación de reportes
Fecha y Hora	Fecha y hora del sistema
Validando nivel U/E	Indicador del nivel de acceso
Selección del modo	Selector del modo manual y automático

Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Para ingresar a las opciones presentadas en la pantalla principal se debe ir a “Login”, es decir, registrar el usuario en el sistema. Para esto se ha creado tres niveles de acceso: nivel usuario, que será utilizado por el operador del sistema; nivel

ingeniero, para el administrador y el nivel programador, que tendrá un acceso “Master” a toda la configuración del sistema.

3.1.1.1.1. Niveles de acceso del sistema

- **Nivel *User*.**- este nivel tendrá acceso a la navegación entre agencias, lo que le permitirá realizar la supervisión del sistema, imprimir reportes técnicos de los datos obtenidos del sistema, en su horario de trabajo, como también ingresar al menú de ayuda.
- **Nivel *Engineer*.**- tendrá acceso adicional a la configuración de horarios, lo que permitirá, únicamente, al administrador modificar el horario de encendido y apagado automático.
- **Nivel *Programmer*.**- este usuario tendrá acceso a todas las configuraciones del sistema, pudiendo realizar cambios, incluso, estructurales de la programación.

La pantalla de horarios permitirá controlar la hora de encendido y apagado de luminarias (Figura 81), está diseñado para que se enciendan de lunes a viernes en el horario de 8h00 a 18h00. El administrador será el único que podrá modificar estos horarios.

Figura 81. Pantalla de horarios



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Las especificaciones del funcionamiento de cada botón de la pantalla de configuración de horarios se detallan en la Tabla 18.

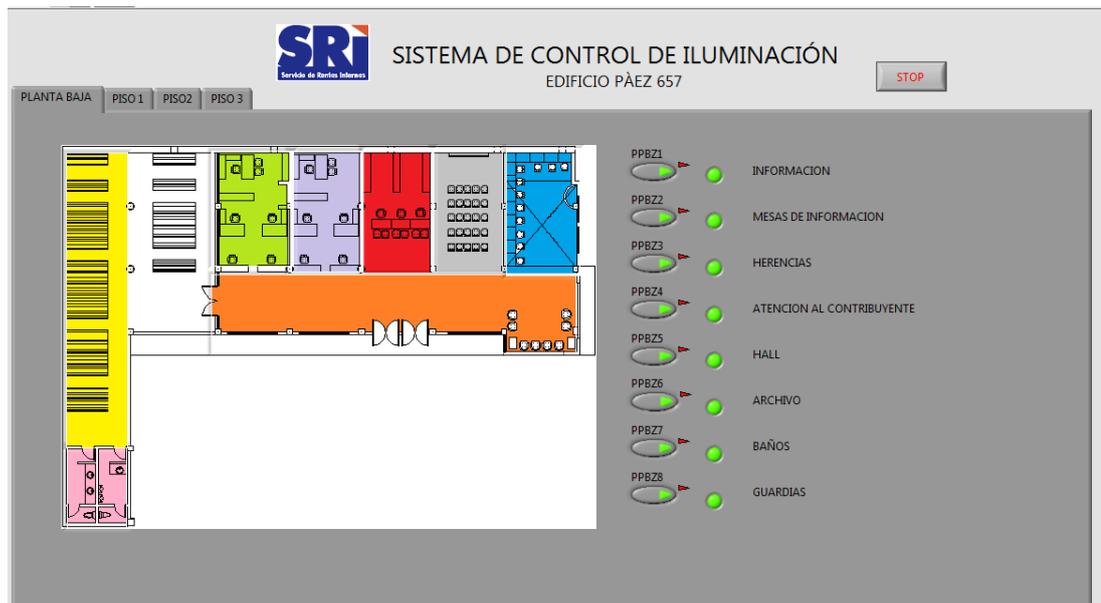
Tabla 18 Funcionamiento de los iconos de la Pantalla de horarios

ICONO	FUNCIÓN
Hora del sistema	Verificación de la hora del sistema
Regresar	Permite regresar al menú principal
	Indicador de Prendido y apagado
H	Configura el valor en hora
M	Configura el valor en min

Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Para la navegación entre pisos de un edificios se ha creado una ventana (Figura 82), que presenta una navegación de pestañas, donde el usuario podrá ingresar a cada uno de los pisos para controlar el encendido o apagado de las luminarias, se debe recordar que previamente se configuró un horario de encendido y apagado automático, sin embargo, el usuario del sistema podrá forzar el encendido o apagado, si lo ameritara, pero siempre predominará el control automático.

Figura 82 Sistema de control de luminarias del edificio Páez 657



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Las especificaciones del funcionamiento de cada botón de la pantalla de control de luminarias del edificio Páez 657 se detallan en la Tabla 3.5.

Tabla 19 Función de los iconos de la pantalla del control de luminarias del edificio Páez 657

	FUNCIÓN
Estado actual	Verificación del estado que se encuentra el sistema
Regresar	Permite regresar al menú principal
	Prendido y apagado

Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Para la visualización del comportamiento de la adquisición de datos en tiempo real, obtenidos a través de los sensores ubicados en cada piso, el operador deberá acceder al icono de “Trends” (ubicado en la pantalla principal) la que mostrará la información en gráficas, las cuales se podrán exportar a un documento de Word (como se ve en la Figura 83).

Figura 83 Pantalla de creación de reportes



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Las especificaciones del funcionamiento de cada botón de la pantalla creación de reportes se detalla en la Tabla 3.6.

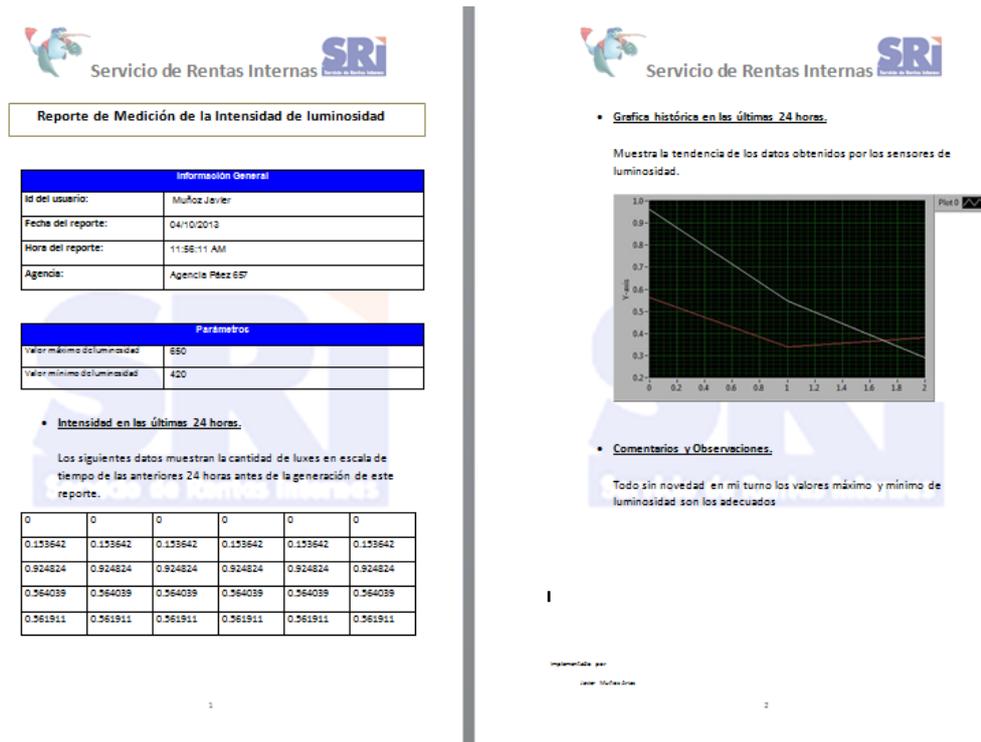
Tabla 20 Funciones de los botones de la pantalla de creación de reportes

BOTÓN	FUNCIÓN
Nombre	Listado con las personas que pueden generar el reporte
Comentario	Comentarios adicionales
Agencia	Agencias
Generar reporte	Permite generar el reporte
Regresar	Regresa al menú principal
Máx Valor Lux	Indicador del valor máximo de luminosidad
Mín Valor Lux	Indicador del valor mínimo de luminosidad
Consumo KWh	Indicador del valor del consumo en KWh

Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Este documento será un informe técnico, el cual mostrará la identificación del operador, fecha y hora de la impresión del documento, el nombre de la agencia, valores máximos y mínimos de luminosidad registrada, una tabla de valores de los datos obtenidos, gráfica del estado de los sensores y, finalmente, comentarios y observación que ha tenido el operador en su turno. Un ejemplo del reporte que se generó es el que se muestra en la Figura 84.

Figura 84. Sistema de control de niveles de luminosidad en los edificios Páez



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Esta información deberá ser guardada para tener un registro del comportamiento del sistema para posteriormente ser analizada y poder realizar las correcciones si ameritara el caso.

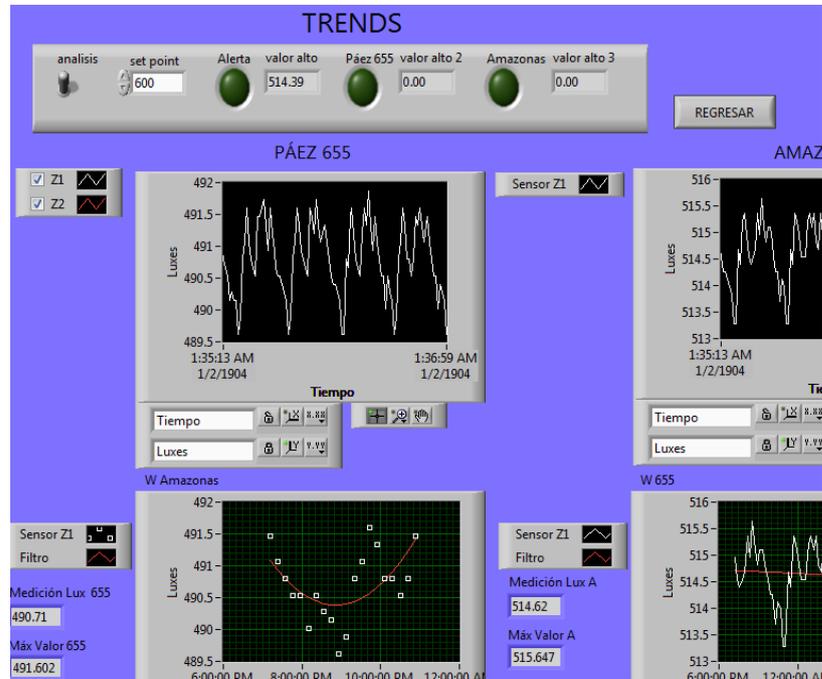
Y finalmente, la última ventana es el menú de ayuda (Figura 85), el cual permitirá al usuario del sistema obtener información de cualquier parte del programa que desee, así como, aprender sobre el funcionamiento del sistema y teléfonos de contacto, en caso de que se requiera solucionar algún problema.

Las ventanas que se detallaron anteriormente son las visualizadas por el usuario, pero para el correcto desarrollo se han creado otras ventanas que se ejecutan en un segundo plano, por lo que no son visibles para el usuario, las que tienen el control de: acceso *password*, habilitar, deshabilitar, cálculo del consumo,... las que se encuentran detalladas en los Anexos.

Esta ventana tiene como función el mostrar las mediciones tomados de los sensores en tiempo real.

Se puede realizar el análisis de las mediciones las cuales alertaran con señales acústicas y visuales la activación de una alarma. La alarma se activara si el valor de la medición sobrepasa el valor establecido por el set point.

Figura 85 Pantalla de Trends



Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Tabla 21 Función de los botones de la pantalla de Trends

BOTÓN	FUNCIÓN
Análisis	Acciona para iniciar el análisis de valores altos de luminosidad
Set point	Valor al cual se va a comparar las mediciones de los sensores
Valor alto	Medición del pico más alto de la medición del sensor
Regresar	Regresa al menú principal
Gráfica	Muestra las mediciones del sensores en tiempo real
Gráfica 2	Muestra el promedio de las mediciones y mejor ajuste de curva
Regresar	Regresa al menú principal
Máx. Valor Lux	Indicador del valor máximo de luminosidad
Mín. Valor Lux	Indicador del valor mínimo de luminosidad
Medición Lux	Indicador del valor de luminosidad

Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

3.6. Prueba piloto

Una vez que se ha configurado y programado el PLC y el entorno de *Labview*, además de haber verificado el correcto funcionamiento de todos los equipos, se puede poner en marcha el sistema.

La prueba piloto consistirá en ejecutar la aplicación desarrollada, para esto lo primero que se debe hacer es convertir los VI, anteriormente creados, en ejecutables. Al momento de realizar esto el usuario del programa ya no podrá realizar ningún cambio en la programación, solo ver su funcionamiento.

Una vez hecho ejecutable el programa en *Labview*, se debe verificar que la programación que se realizó en el STEP 7 se ha transferido correctamente al PLC, como también las configuraciones del servidor de OPC.

Verificar la comunicación y abrir la aplicación de que se creó en *Labview*.

Previo a la puesta en marcha del sistema se ha realizado los cambios para lo que se ha reestructurado los puestos de trabajo como también las zonas para cumplir los niveles de luminosidad y brindar de una mejor manera calidad de iluminación, de esta manera se realizaron las siguientes modificaciones:

- Los modulares que separaban los puestos de trabajo fueron retirados con la finalidad de tener una mejor iluminación.
- Los puestos de trabajo que pudieron ser movilizadas fueron ubicados cerca de los ventanales con el objetivo de economizar energía eléctrica utilizando la luz natural.
- En los demás puestos de trabajo que no fue posible moverlos se ubicó una luminaria sobre cada uno de ellos logrando así que los trabajadores tengan un ambiente laboral adecuado.

Con todos estos cambios se ha permitido optimizar los recursos ya existentes logrando la eficiencia en el nuevo sistema implementado.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE INDICADORES DE GESTIÓN

4.1. Indicadores de gestión

Una parte esencial, antes de realizar un proyecto de tipo empresarial, es analizar la posible rentabilidad que generará el desarrollo del mismo, en un mediano o largo plazo, para que de esta manera se pueda comprobar si es viable o no su ejecución.

Para calcular la rentabilidad de un proyecto se utilizarán dos parámetros: el Valor Actual Neto (VAN) y el Tasa Interna de Retorno (TIR), estos dos indicadores tienen la misma concepción y basan su análisis en el resultado del ingreso, menos los gastos netos; el resultado de este indica las posibles ganancias que se tendrá al momento de ejecutar el proyecto o a su vez permitirá una revisión en la inversión, para generar otra alternativa que ofrezca mayor rentabilidad a la empresa.

Antes de continuar se debe revisar algunos conceptos los cuales permitirán comprender los análisis realizados a lo largo del presente capítulo.

Inflación: es el incremento en el nivel general de precios, es decir, la pérdida en el poder de compra del dinero. Por ejemplo: si tenemos 100 dólares en el mes de enero y poseemos los mismos 100 dólares al finalizar el año, numéricamente será lo mismo pero el poder adquisitivo que tengamos no será igual, ya que los precios de bienes y servicios aumentarán al transcurrir el año, a esto se lo conoce como inflación.

Flujo de caja: es un informe en el cual se detalla los flujos que se tiene, tanto de ingresos como de egresos de dinero, generados durante un período de tiempo. Por ejemplo: se incluirán en los ingresos aquellos que se tenga por el ahorro de energía eléctrica y en los egresos (salida de dinero) se incluirán las amortizaciones de la deuda. La diferencia de estos será el flujo de caja, por lo cual servirá como un indicador para conocer la liquidez que se tiene en el desarrollo del proyecto.

Para poder realizar el flujo de caja se debe detallar los ingresos y egresos que se van a generar al momento de desarrollar el proyecto, el listado de estos se pueden observar en la Tabla 22 y 23.

En la Tabla 22 se observa el cálculo del ahorro de energía en KWh que se generará con la implementación del proyecto (éste análisis es realizado únicamente para el año 2013, ya que los análisis de los siguientes años se encuentra en los Anexos), este ahorro representará el flujo de ingresos.

Para el cálculo del ahorro de KWh se realizó de la siguiente manera:

Cada luminaria para cielo falso de 60x60[cm] cuenta con tres tubos fluorescentes, cada uno representa un consumo de 17 Watts por lo tanto:

$$3 \times 17 \text{ W} = 51 \text{ W}$$

Cada luminaria fluorescente sobrepuesta de 120x30[cm] cuenta con dos tubos fluorescentes, cada uno representa un consumo de 32 Watts por lo tanto:

$$2 \times 32 \text{ W} = 64 \text{ W}$$

Cada ojo de buey tiene un consumo de 13W.

Ejemplo:

Una vez conocida la forma de cálculo del ahorro se procede a deducir el mismo. El primer piso de la agencia Páez 657, donde se alcanzó un ahorro diario de 23.16 KWh, se obtuvo de la siguiente manera:

34 luminarias de cielo falso 60x60[cm] que se encuentran ubicadas en las zonas tres, cuatro, cinco, seis, siete y ocho se encienden por un lapso de 12 horas sin haber personal, con la realización del presente proyecto éstas deficiencias se podrán corregir así:

$$34 \times 51\text{W} = 1.734 \text{ KW} \times 12 \text{ h} = 20.808 \text{ KWh}$$

4 Luminarias de cielo 60x60[cm] que representan a la zona uno se encienden por un lapso de doce horas, pero los funcionarios en esta área solo trabajan ocho horas, lo cual indica que, con un adecuado funcionamiento del sistema, en esta zona se podría generar un ahorro diario de cuatro horas en cuanto a luminosidad, lo cual se representa así:

$$4 \times 51 \text{ W} = 0.204 \text{ KW} \times 4 \text{ h} = 0.816 \text{ KWh}$$

2 luminarias de fluorescentes sobrepuesta utilizadas en las gradas, se encienden por un lapso de trece horas, pero en esta zona con la implementación de sensores de movimientos, se podría reducir un promedio de doce horas, figurado así:

$$2 \times 64 \text{ W} = 128 \text{ W} \times 12 \text{ h} = 1.536 \text{ KWh}$$

La sumatoria de estos valores da un ahorro de 23.16 KWh diarios, los cuales deben ser multiplicados por la cantidad de días laborables para obtener el consumo mensual, y por último dichos valores deben ser adicionados con la finalidad de alcanzar el ahorro anual generado.

Con este ejemplo se entenderá cómo se realizó el análisis para los restantes pisos, ya que el cálculo es el mismo y únicamente se procedió a reemplazar datos. En la Tabla 4.1 se puede observar los costos de ahorro calculados para cada uno de los pisos.

Cabe destacar que estos datos fueron obtenidos a través del reconocimiento y levantamiento de información que se realizó en el Capítulo 3 del presente proyecto de tesis (Cifra Supra).

Tabla 22 Tabla de flujo de ingresos generados por el ahorro KWh

	Diario	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Piso 1 KWh	7.13	156.90	164.04	142.64	164.04	156.90	149.77	164.04	149.77	142.64
Piso 2 KWh	15.33	337.33	352.66	306.66	352.66	337.33	321.99	352.66	321.99	306.66
Piso 3 KWh	7.13	156.77	163.90	142.52	163.90	156.77	149.65	163.90	149.65	142.52
Piso 4 KWh	7.59	166.87	174.46	151.70	174.46	166.87	159.29	174.46	159.29	151.70
Piso 5 KWh	7.13	156.77	163.90	142.52	163.90	156.77	149.65	163.90	149.65	142.52
Piso 6 KWh	7.31	160.89	168.20	146.26	168.20	160.89	153.57	168.20	153.57	146.26
Piso 7 KWh	6.61	145.49	152.10	132.26	152.10	145.49	138.87	152.10	138.87	132.26
Piso 8 KWh-	14.69	323.09	337.78	293.72	337.78	323.09	308.41	337.78	308.41	293.72
Piso 9 KWh	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Planta Baja	9.20	202.36	211.55	183.96	211.55	202.36	193.16	211.55	193.16	183.96
Subsuelo	22.70	499.49	522.19	454.08	522.19	499.49	476.78	522.19	476.78	454.08
Planta Baja 657	23.77	522.98	546.76	475.44	546.76	522.98	499.21	546.76	499.21	475.44
Piso 1_2 KWh	23.16	447.79	468.14	407.08	468.14	447.79	427.43	468.14	427.43	407.08

Piso 2_2KWh	29.92	658.26	688.18	598.42	688.18	658.26	628.34	688.18	628.34	598.42
Piso 3_2 KWh	17.15	377.39	394.54	343.08	394.54	377.39	360.23	394.54	360.23	343.08
Planta Baja	30.52	671.40	701.91	610.36	701.91	671.40	640.88	701.91	640.88	610.36
Altillo	13.36	293.88	307.23	267.16	307.23	293.88	280.52	307.23	280.52	267.16
Mezannine	18.84	414.44	433.27	376.76	433.27	414.44	395.60	433.27	395.60	376.76
Piso 1	21.46	472.03	493.49	429.12	493.49	472.03	450.58	493.49	450.58	429.12
TOTAL KWh de ahorro	282.99	6,164.11	6,444.30	5,603.74	6,444.30	6,164.11	5,883.93	6,444.30	5,883.93	5,603.74

Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Los valores obtenidos (Tabla 22) son de los ahorros en KWh, los cuales deben ser traducidos a valor económico, para lo cual se utilizarán los valores de comercialización del servicio publicados por la “Empresa eléctrica Quito” en el pliego tarifario.

El pliego tarifario que se ha utilizado corresponde al publicado para el mes de febrero del 2013, pero los valores de cargos de consumo están vigentes hasta el momento de este análisis -Marzo 2013-.

Tarifa G10: Tarifa de baja y media tensión, para la baja tensión, para asistencia social y beneficio público con demanda.

Esta tarifa será aplicada para los abonados de entidades de beneficio público del estado.

- a) *Esta tarifa se aplicará a los consumidores que disponen de un registrador de demanda horaria que les permite identificar los consumos de potencia y energía (Empresa Electrica Quito, 2013).*

Tabla 23 Pliego Tarifario Tarifa G10

Cargos por consumo (\$)	Descripción
2.704	Mensuales por cada KW de demanda facturable como mínimo de pago, sin derecho a consumo, multiplicado por el factor de corrección (FC = 1.25)
0.052	Por cada KWh en función de la energía consumida de (07:00 hasta las 22:00)
0.042	Por cada KWh en función de la energía consumida de (22:00 hasta las 07:00)

Fuente: (Empresa Electrica Quito, 2013)

La demanda mensual del SRI en promedio es de es de 153 KW

Tabla 24 Tabla de detalle, precio, y amortización de las herramientas de software utilizadas en el proyecto

PRECIO KWh	PRECIO KWh	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	Diciembre Acumulado
07:00 hasta 22:00 horas	0.0520	211.85	222.19	191.18	222.19	211.85	201.51	222.19	201.51	191.18	
22:00 hasta 07:00 horas	0.0420	12.60	12.60	12.60	12.60	12.60	12.60	12.60	12.60	12.60	
demanda mensual	2.7040										
07:00 hasta 22:00 horas	0.0520	96.29	100.67	87.54	100.67	96.29	91.91	100.67	91.91	87.54	
22:00 hasta 07:00 horas	0.0420	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
demanda menssual	2.7040										
total de ahorro		320.74	335.46	291.31	335.46	320.74	306.03	335.46	306.03	291.31	2,842.55

Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

El *software Labview* ha sido prorrateado (repartir una cantidad proporcionalmente entre varios) a la seis, debido a que el *software* no únicamente será utilizado en este proyecto, sino en seis proyectos más como se explicó anteriormente.

Las herramientas de *hardware* fueron amortizadas a 3 años, mientras que las de *software* fueron depreciadas a 5 años, entendiéndose por amortización y depreciación a la desvalorización periódica de los bienes y posesiones, cuyo valor disminuye con el tiempo y el uso (wordreference), cabe destacar que a pesar de poseer similares significados, la amortización constituye la desvalorización de bienes inmuebles tales como: licencias, patentes, etc., por otro lado, la depreciación corresponde a la degradación que sufren los bienes muebles tales como: equipos de computación, vehículos, etc.

La amortización se realizó a la licencia de *software* debido a que al constituir el derecho de su uso posteriormente no puede ser vendida y en su lugar debe ser amortizada por la desvalorización que sufre a través del tiempo, por otro lado, la depreciación se la realizó al *hardware* debido a que, aunque este sí puede ser vendido, con el paso del tiempo el bien pierde su valor original, es decir, se deprecia.

En la Tabla 26 se observa el presupuesto en el cual se desglosa los valores totales de ingresos y los de egresos, para finalmente tener en el “Resultado del Ejercicio” el cual es resultado de los ingresos menos los egresos, para poder ver finalmente el valor del ahorro que se ha generado mensualmente, igualmente este análisis se lo ha realizado por los 5 años posteriores al desarrollo del proyecto como se detalla en la Tabla 27.

Tabla 25 Tabla de detalle, precio, y depreciación de las herramientas de hardware utilizadas en el proyecto

ACTIVOS FIJOS									
Cant.	DETALLE	Depreciación %			Precio \$	Total	Deprec. Anual	Deprec. Mensual	IVA
		%	Tiempo años	Valor Residual				12	12%
	HARDWARE								
3	PLC S7-1200	33.33%	3	133.32	400.00	1,200.00	400.00	33.33	144.00
36	Sensores de movimiento	33.33%	3	5.00	15.00	540.00	180.00	15.00	64.80
25	Sensores de luminosidad	33.33%	3	13.33	40.00	1,000.00	333.33	27.78	120.00
	Total					2,740.00	913.33	76.11	328.80
	EQUIPO DE COMPUTACIÓN								
1	Computadora	33.33%	3	133.32	400.00	400.00	133.33	11.11	48.00
	Total					400.00	133.33	11.11	48.00
	TOTAL ACTIVOS FIJOS					3,140.00	1,046.67	87.22	376.80

Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Tabla 26 Tabla de detalle, precio, y amortización de las herramientas de software utilizadas en el proyecto

Herramientas de Software							
No	DETALLE	Amortización	Precio \$	Total	Amortiz. Anual	Amortiz. Mensual	IVA
		Tiempo años				12	12%
1	Labview 2012	5	7,052.75	7,052.75	1,410.55	117.55	846.33
1	NI OPC Servers 5.5	5	1,128.60	1,128.60	225.72	18.81	135.43
Total Herramientas				8,181.35		136.36	981.76
				1,363.56		22.73	

Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Tabla 27 Tabla de detalle, precio, y amortización de las herramientas de software utilizadas en el proyecto

CUENTAS	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	DICIEMBRE 2013
INGRESOS										
ahorro generado	320.74	335.46	291.31	335.46	320.74	306.03	335.46	306.03	291.31	2,842.55
TOTAL INGRESOS	320.74	335.46	291.31	335.46	320.74	306.03	335.46	306.03	291.31	2,842.55
EGRESOS										
Depreciación Mensual	87.22	87.22	87.22	87.22	87.22	87.22	87.22	87.22	87.22	697.78
Amortización Otros Activos	22.73	22.73	22.73	22.73	22.73	22.73	22.73	22.73	22.73	181.81
TOTAL EGRESOS	109.95	879.59								
RESULTADO DEL EJERCICIO	210.80	225.51	181.36	225.51	210.80	196.08	225.51	196.08	181.36	1,962.96

Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

4.2. Gastos comparativos costo-beneficio

Para el análisis del costo beneficio primero se conceptualizará aquellos términos que serán utilizados para un mayor entendimiento, tales como: tasa de descuento, VAN, tasa activa y tasa pasiva. A continuación se muestra el concepto de cada uno de ellos y su fórmula de cálculo:

Tasa de descuento: una de las variables influyente en el resultado de la evaluación es el precio que se paga por los fondos requeridos para cubrir la inversión. Esta representa una medida de rentabilidad mínima que se exigirá al proyecto, de manera que el retorno esperado permita cubrir la totalidad de la inversión inicial.

La fórmula de cálculo de la tasa de descuento es la siguiente:

$$Td = \frac{TA + TP}{2} + Inflación$$

Valor Actual Neto: para la realización del presente proyecto se debe contar con una inversión inicial aproximadamente de \$4.503,00 para lo cual se deberá hacer una estimación de ingresos durante al menos los cinco años posteriores (ver Tabla 23), los mismos que deben ser constantemente actualizados al valor presente que han generado a través de la tasa de descuento. Si al valor obtenido se le disminuye la inversión inicial, que se destinó hacia la ejecución del proyecto, se obtendrá el VAN (Valor Actual Neto), cabe destacar que para que este sea rentable para el SRI el VAN tendrá que ser superior a 0

Se espera obtener como retorno mínimo, VAN=0, con la finalidad de determinar que en efecto el proyecto es rentable en mediano o largo plazo.

Fórmula de cálculo del VAN:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{Vt}{(1+k)^t} - I_0$$

Dónde:

I = es la inversión inicial.

V_t = Flujos de caja en cada periodo t.

n = Número de periodos considerados.

k = el tipo de interés. Cuando este vale 0 k pasara a llamarse TIR.

Tasa pasiva (TP).- es la que pagaría una entidad financiera por el dinero invertido en esta institución, puede ser considerada también como el costo de oportunidad.

Tasa activa (TA).- tiene relación directamente con el costo del riesgo, es también el valor que cobran los bancos por los préstamos que estos otorgan.

Estas tasas son establecidas por el Banco Central del Ecuador, la tasa activa siempre es mayor a la tasa pasiva con el fin de que estas generen utilidad a los bancos.

Tabla 28 Tabla de detalle de la inflación de la tasa referencial activa y pasiva y tasa de descuento

PREMISAS DE TRABAJO

DETALLE	Final Año 1	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Inflación Esperada	4.16%	5.44%	3.68%	3.82%	2.78%	2.53%
Tasa Referencial Activa	8.17%	9.98%	9.88%	10.15%	11.01%	10.02%
Tasa Referencial Pasiva	4.55%	4.15%	4.06%	4.00%	4.10%	4.25%
Tasa de descuento	12.33%	12.51%	10.65%	10.90%	10.34%	9.67%

Elaborado por: Javier Alejandro Muñoz Arias

Tabla 29 Índices de evaluación

FLUJO DE CAJA CORRIENTE Y DESCONTADO
(EN DÓLARES)

CONCEPTO	Inversión Inicial	Año 1 2013	Año 2 2014	Año 3 2015	Año 4 2016	Año 5 2017
INGRESOS						
Aporte del SRI	4,503.56					
Total Ingresos		2,842.55	3,745.92	3,731.20	3,863.64	3,930.05
TOTAL INGRESOS	4,503.56	2,842.55	3,745.92	3,731.20	3,863.64	3,930.05
TOTAL EGRESOS		879.59	1,319.38	1,319.38	534.38	272.71
SALDO FINAL	-4,503.56	1,962.96	2,426.54	2,411.82	3,329.27	3,657.34
ÍNDICES DE EVALUACIÓN						
CONCEPTO	Inversión Inicial	Final Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
FLUJOS DE FONDOS NOMINALES	-4,503.56	1,962.96	2,426.54	2,411.82	3,329.27	3,657.34
TASA DE DESCUENTO APLICABLE: Ke		12%	13%	11%	11%	10%
FACTOR DE VALOR ACTUAL: $1/(1+Ke)^i$		0.89	0.79	0.74	0.66	0.61
FLUJOS DE CAJA ACTUALIZADOS		1,747.50	1,917.10	1,780.29	2,201.41	2,236.66
FNC _i ACTUALIZADOS Y ACUMULADOS		1,747.50	3,664.59	5,444.89	7,646.29	9,882.95
SUMA DE LOS FNC _i ACTUALIZADOS		9,882.95				
MONTO DE LA INVERSIÓN INICIAL		-4,503.56				
VALOR ACTUAL NETO		5,379				
RELACIÓN COSTO / BENEFICIO (C/B)		45.57%				
TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)		46.48%				

Como se puede observar en la Tabla 29 (cálculo de indicadores de gestión) una vez aplicada cada una de las fórmulas correspondientes a los indicadores de gestión se obtuvo los siguientes resultados:

- **VAN:** 5.379
- **Relación C/B:** 45.57%
- **TIR:** 46.48%

Con los resultados alcanzados se puede evidenciar que el proyecto puesto en marcha sí es viable en mediano o largo plazo, debido a que el VAN del mismo es superior a 0; de igual manera se puede constatar que al ser factible generará las ganancias esperadas y representará un ahorro futuro realmente significativo para la entidad.

En cuanto a la relación de costo-beneficio, según se observa en los resultados alcanzados, es de 45.57%, es decir, interpretando dicho porcentaje se puede concluir que por cada 45.57 dólares que se invierta la entidad obtendrá \$100.00 dólares de beneficio en la puesta en marcha del proyecto.

Como conclusión del análisis del cálculo de los indicadores de gestión, se puede exponer que en efecto el proyecto en curso sí brindará los resultados esperados del mismo, puesto que representa un ahorro para los inversionistas y también un grado de ganancia, cuyos beneficios repercutirán, es decir, con esto se puede hacer hincapié en la hipótesis, planteada inicialmente, en la que se indicó que, a pesar, de la gran inversión que se realizará actualmente, la puesta en marcha del nuevo sistema traerá consigo grandes beneficios a lo largo del tiempo, representando un gran ahorro institucional y un mejor ambiente de trabajo para sus funcionarios, por lo cual las ganancias se verán representadas no solo de manera económica, sino también en la calidad del servicio brindado por sus trabajadores.

CONCLUSIONES

- Al realizar el estudio sobre la situación del sistema actual de iluminación, apoyando el análisis en inspecciones, encuestas de satisfacción y mediciones de niveles de luminosidad, se logra determinar que el sistema que se encuentra implementado presenta grandes falencias en diseño y ejecución, determinando lo siguiente: la distribución de las luminarias no es la adecuada debido a que al transcurrir del tiempo se han realizado reordenamientos de muchos puestos de trabajo, haciendo que la distribución de luminarias actual no sea la adecuada. Las mediciones han permitido determinar que los niveles de luminosidad en cada área de trabajo está por debajo que de lo recomendado por las normativas internacionales de iluminación en interiores. La programación, al no ser actualizada, demuestra que varias áreas se enciendan con normalidad sin haber ningún funcionario en esas zonas, igualmente el horario de apagado de la iluminación supera por más de tres horas la jornada laboral, la suma de estas falencias hacen que el sistema no sea el adecuado haciendo que se evidencie un gran desperdicio de la energía eléctrica y por consecuencia un pago mayor de este servicio, lo que demuestra la necesidad de un cambio, en el que se refleje actualización de los horarios, implementación de sensores y reestructuración integral del sistema de luminarias.
- El estudio de las actuales políticas gubernamentales y las políticas internas (SRI) dejan ver el compromiso del Estado ecuatoriano de implementar políticas amigables con el ambiente, generando cambios en el uso eficiente, responsable y sustentable del recurso energético, políticas que darán resultados en años venideros. Las múltiples estrategias emprendidas por los directivos del SRI han permitido que se cree una “Política tributaria ambiental”, la cual ha dado como resultado el que se hayan emprendido varias campañas enfocadas a la mejora energética y ambiental dentro de estas dependencias, esfuerzos que están generando una concientización en el consumo racional de los recursos.
- El diseño de un SCADA ha permitido corregir errores del actual sistema de iluminación, la modificación de los horarios han permitido que no se

genere el desperdicio innecesario fuera de la jornada laboral. Con la implementación en el registro de usuario y delimitando el acceso al programa se tiene un mayor control del sistema de iluminación, ya que el único que puede manipular los horarios de encendido y apagado será el administrador, el que se encargará de evitar un desperdicio de energía, este trabajo estaba a cargo, antes de la modificación, de cualquier operador, haciendo que ellos manipulen los horarios de encendido y apagado a su conveniencia, sin un previo estudio técnico. La implementación de elementos como los sensores permitirán maximizar los beneficios del sistema y realizar un mejor control, con los cuales se podrá controlar los niveles de luminosidad de cada área, haciendo que se tenga el nivel adecuado de luxes de acuerdo a la función desempeñada, y el uso de sensores de movimientos serán ubicados en los accesos de las gradas lo que evitará el desperdicio de energía en la noche. La generación de reportes permitirá que se puede observar el estado del sistema diariamente, y así poder realizar las correcciones oportunas en el sistema, en el informe se detalla el gasto de energía, con el cual se podrá hacer curvas trimestrales de consumo energético para cumplir con el acuerdo ministerial 131 del Ministerio del Ambiente, que dice que se debe desarrollar planes de reducción de pérdida de electricidad.

- El análisis de costo beneficio ha permitido determinar la viabilidad del proyecto, se evidenció que los resultados de C/B son de 45.57%. Como conclusión se logró determinar que la implementación del proyecto tendrá los resultados esperados, lo cual se evidenciará no solo en la recuperación de la inversión, sino también en un gran ahorro institucional y un mejor ambiente de trabajo para sus funcionarios, por lo cual las ganancias se verán representadas no solo de manera económica, sino también en la calidad de servicio brindado por sus trabajadores al tener un mejor ambiente laboral.
- La prueba piloto ha dado resultados satisfactorios puesto que, los funcionarios de la entidad cooperaron con las indicaciones establecidas ubicando a los puestos de trabajo cerca de los ventanales para tener un paso generoso de luz natural con lo cual se ha cumplido con los niveles

de luminosidad dados por la norma ISO 8995 representando un ahorro considerable de electricidad sin haber descuidado la calidad de la iluminación

RECOMENDACIONES

- Realizar un reordenamiento del sistema de luminarias y una distribución zonal adecuada, dependiendo de la cantidad de funcionarios y ubicación de sus puestos de trabajo.
- Las evaluaciones del sistema de iluminación se deben realizar al menos dos veces al año y realizar un ajuste en la programación o a los equipos - si fuese necesario- para mantener una iluminación óptima.
- Migrar el sistema de luminarias actual a luminarias tipo LED las cuales tendrán un gran beneficio, dado que tienen un tiempo de vida mucho mayor que las fluorescente (17 años si trabajaran en un promedio de 8 h diarias), el consumo de energía es menor, este tipo de luminarias igualmente podría ser utilizado con los sensores de luminosidad que no pueden ser utilizados en las luminarias fluorescentes.
- Antes de realizar el diseño, se debe tener en cuenta el tipo de *hardware* que se desea implementar, para con esto poder adquirir el *software* (con sus licencias) adecuado y no tener problemas de compatibilidad.
- Se debe tener en consideración la robustez del *software* para instalar en un ordenador que soporte la instalación de todos los programas para el desarrollo del SCADA y que permita que el sistema fluya correctamente.

LISTA DE REFERENCIAS

- Albornoz, Esteban, "Eficiencia energética en edificaciones" Conferencia en la ciudad de Guayaquil 2012.
- Albornoz, D. E. (2012). *Eficiencia Energetica en Edificaciones* . Guayaquil.
- Atom. (07 de 09 de 2009). *EXpediente PLC*. Recuperado el 20 de 12 de 2012, de <http://expediente-plc.blogspot.com/2009/09/nueva-linea-de-plcs-siemens-s7-1200.html>
- Cablematic. (s.f.). Recuperado el 21 de 12 de 2012, de Cablematic: http://www.cablematic.com/producto/Luxometro-digital-compacto-modelo-TM_hyphen_204/
- Carretero. (1994). La iluminacion en los puestos de Trabajo. En C. C. Madrid.
- Chavaria, R. (2012). Iluminacion de los centros de trabajo. En M. d. sociales. Madrid.
- Comisión de normalización europea UNE 12464.1. (2003). Norma UNE 12464.1. En Philips, *Iluminacion de los lugares de trabajo en interior*.
- Correa, E. R. (22 de Septiembre de 2010). Registro Oficial. *Acuerdo ministerial*, págs. 11,12,15,16.
- Empresa Electrica Quito. (2013). Pliego tarifario. En E. E. Quito. Quito.
- Hernández, A. (2012). NTP 252. En *Pantallas de vizualización de datos: condiciones de iluminación* (pág. 5). Barcelona.
- Instituto Nacional de seguridad e higiene en el trabajo. (2012). Criterios para su evaluación y acondicionamiento. En M. P. García, *Iluminación en el puesto de trabajo* (págs. 2-39). Madrid.
- ISO Y CIE. (2003). Lighting of indoor workplaces. *ISO 8995/CIE S 008*, 6.
- ISO Y CIE. (2003). Lighting of indoor workplaces. *ISO 8995/CIE S 008*, 6.
- JUNG. (s.f.). Manual Sensor de luminosidad 2095 LUX. *Sensor de luminosidad 2095 LUX*, 4-17.
- Ministerio de Electricidad y Energía Renovable. (2009). En MEER, *Políticas Energeticas del Ecuador 2008-2020* (págs. 10-25). Quito.
- Ministerio de Electricidad y Recursos Renovables. . (s.f.). Políticas energeticas . En MEER. Quito.

- Ministerio de Trabajo y asuntos sociales España. (2012). *Iluminacion de los centros de trabajo*. España.
- National Instruments. (2012). OPC con S7-1200. *Demo Script*, 1-33.
- National Instruments Corporation. (2003). “Instrumentos virtuales en Labview”. En N. I. Corporation, *Labview Básico I Introducción Manual del curso* .
- Norma Oficial Mexicana NOM-025-STPS-2008. (2008). Condiciones de Iluminacion en centros de trabajo. En J. L. Alarcon, *Norma oficial mexicana*. México.
- POWERLINK. (2001). Powerlink G3 Controller. En *Instruction Bulletin* (págs. 8-20).
- Salesiana, U. P. (2011). *Introduccion a la luminotécnia* . Quito: Practica de Laboratorio.
- Sanz, M. P. (2011). Magnitudes luminotécnicas y su relación. *Iluminación en el puesto de trabajo. Criterios para su evaluacion para su evaluacion y acondicionamiento*, 3.
- SCHNEIDER ELECTRIC . (2001). *Instruction Bulletin PowerLink G3*.
- Schneider Electric. (2001). *Schneider-electric.com*. Recuperado el 08 de 01 de 2013, de <http://www.schneider-electric.com.co/documents/press-release/control-y-gestion-de-iluminacion.pdf>
- Siemens. (2009). Manual del sistema SIMATIC S7-1200. En *A5E02486683-02* (pág. 29).
- Siemens. (2011). Hoja de datos del producto 3RT1026-1AN20.
- Siemens. (s.f.). *Siemens*. Recuperado el 01 de 12 de 2012, de <http://support.automation.siemens.com/WW/llisapi.dll?func=cslib.csinfo&objId=56897511&objAction=csOpen&nodeid0=29156492&lang=es&siteid=cs-eus&aktprim=0&extranet=standard&viewreg=WW>
- SIEMENS. (s.f.). *SIEMENS.COM*. Recuperado el 03 de 11 de 2012, de <http://zone.ni.com/wv/app/doc/p/id/wv-11?espuid=CNATL000012073088>
- simondomotica. (s.f.). *simondomotica*. Recuperado el 20 de 01 de 2013, de <http://www.simondomotica.es/sistemas/81915-38.html>
- wordreference*. (s.f.). Recuperado el 7 de marzo de 2013, de WWW.wordreference.com/definicion/amortización

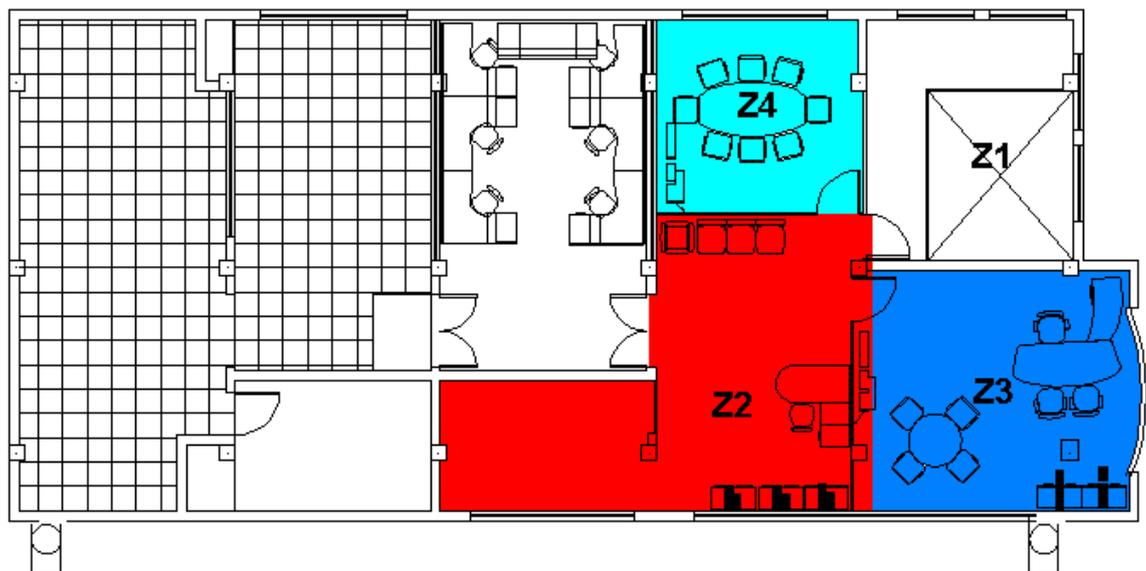
ANEXOS

ANEXO 1

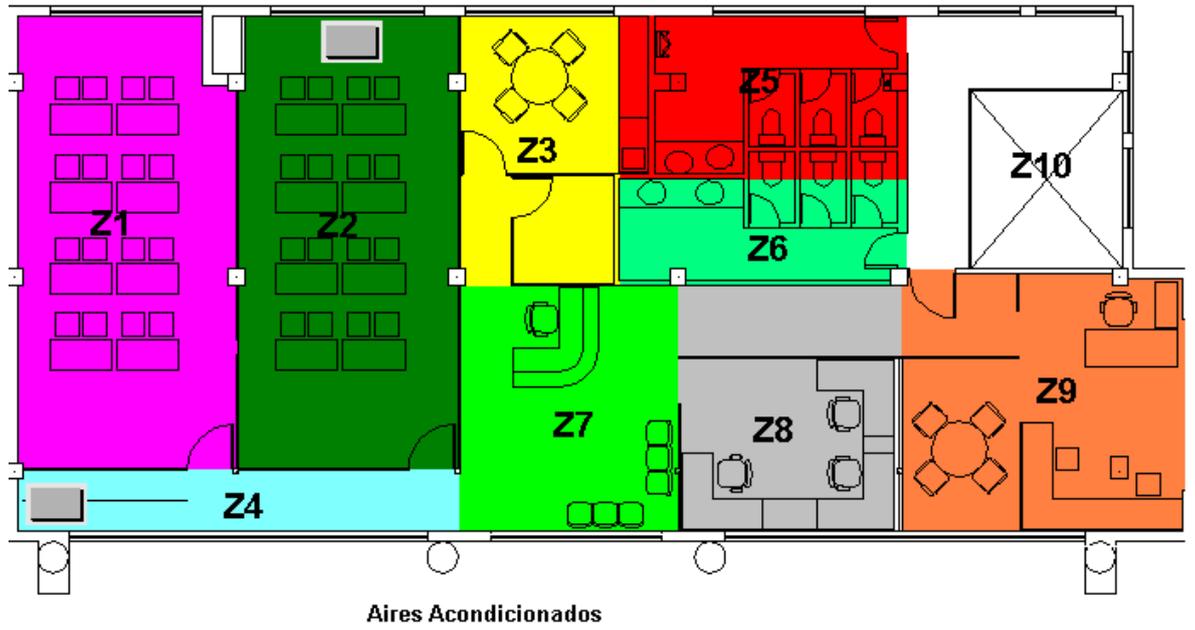
Distribución zonal agencias SRI



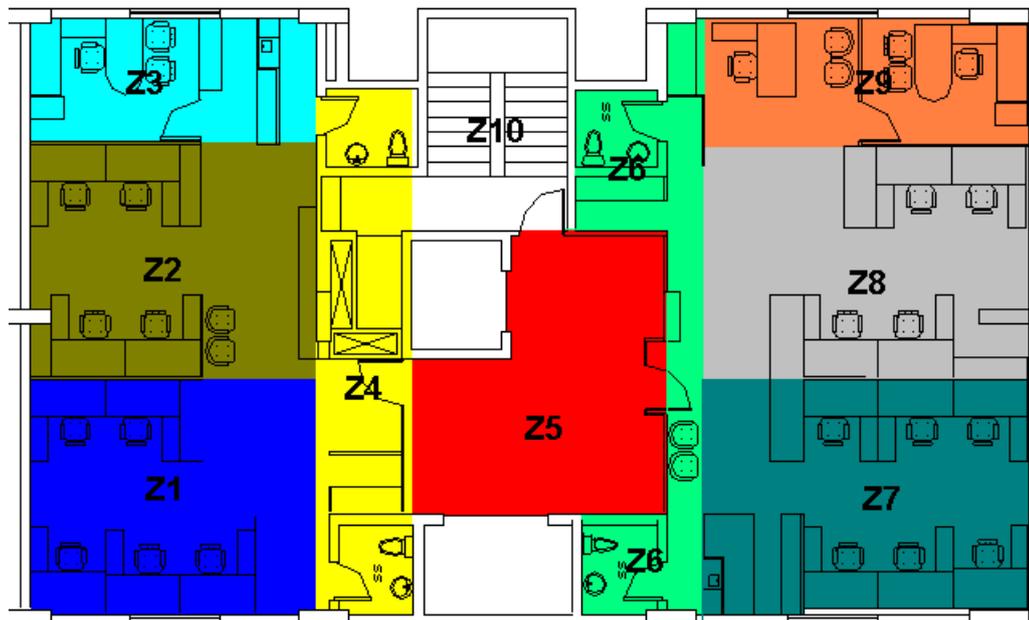
PLANTA BAJA



PISO 2

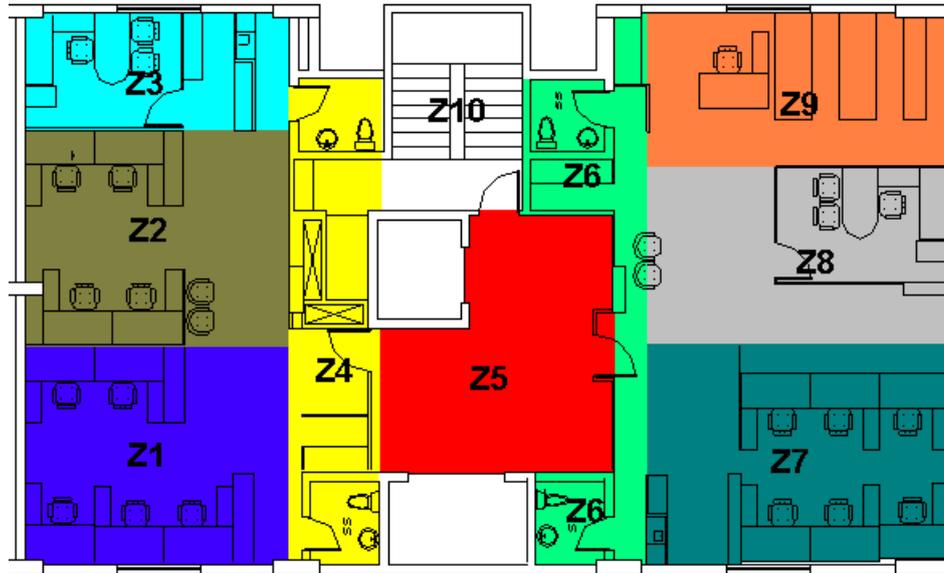


EDIFICIO 655



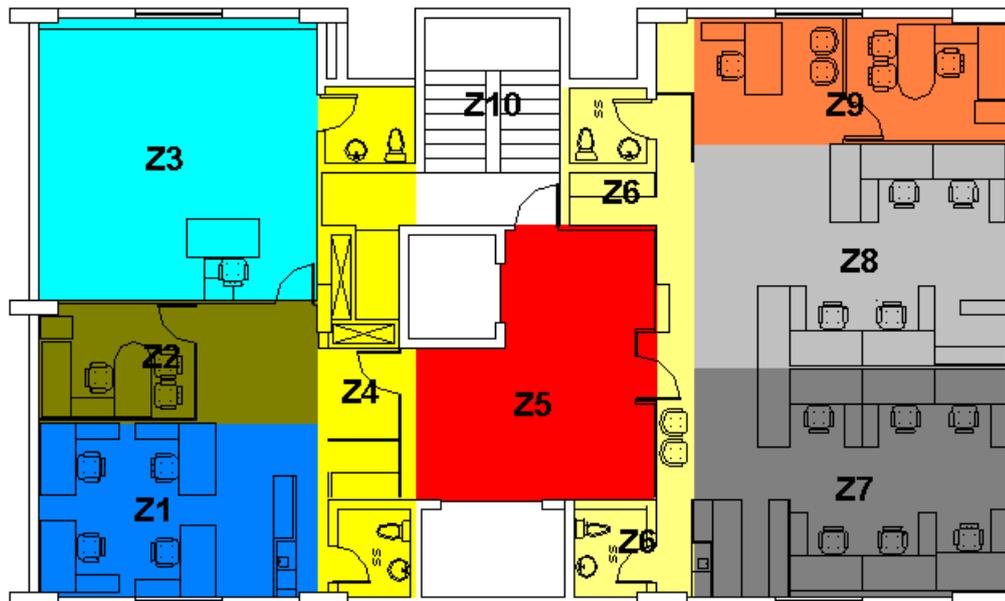
Fuente: El autor, nivel de iluminación zonificado.

EDIFICIO 655

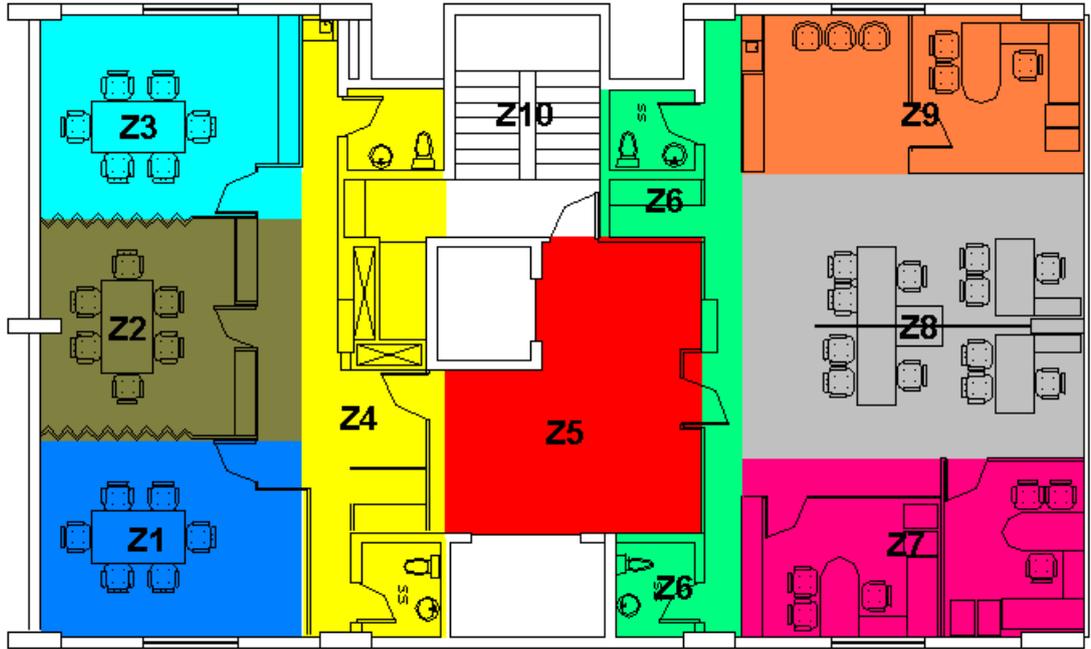


Fuente: El autor, nivel de iluminación zonificado.

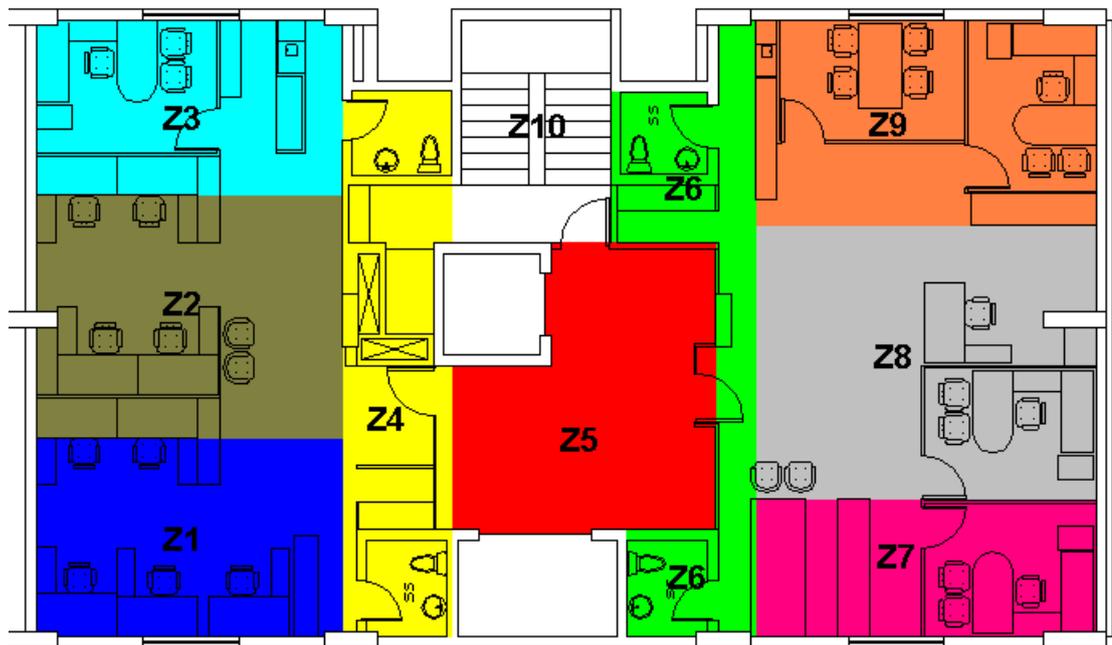
EDIFICIO 655



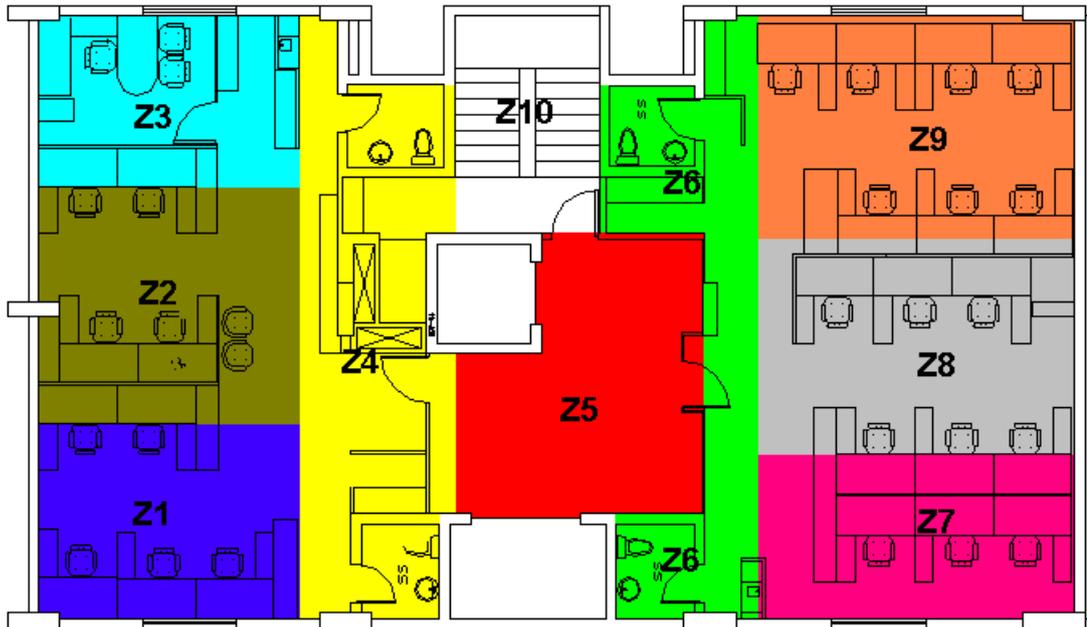
Fuente: El autor, nivel de iluminación zonificado.



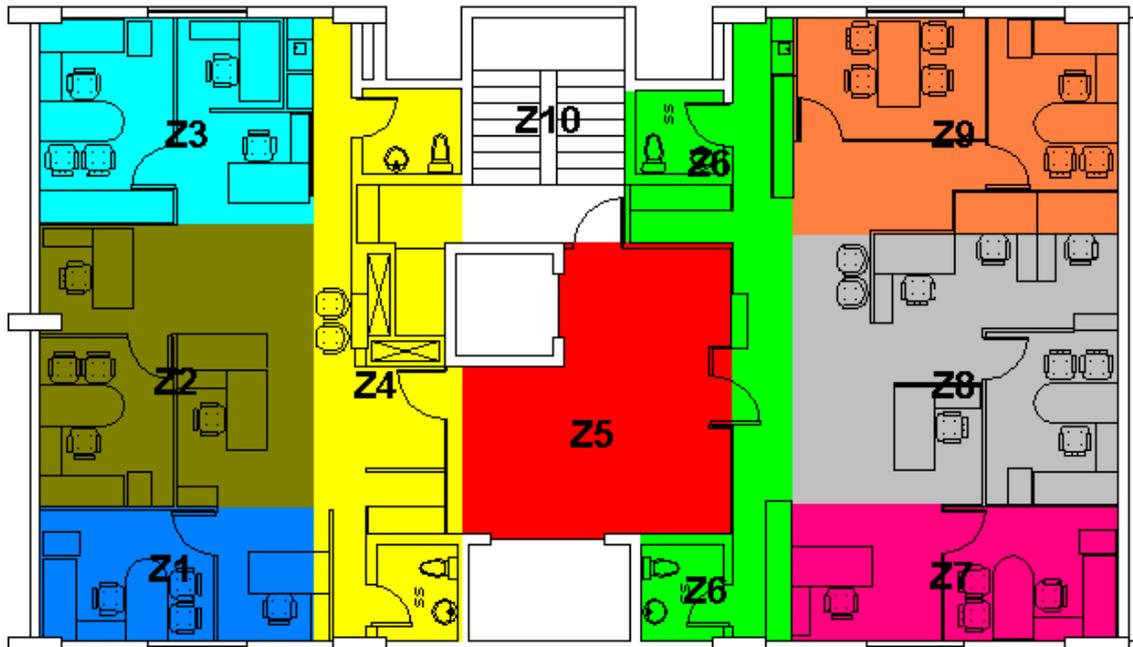
Fuente: El autor, nivel de iluminación zonificado.



Fuente: El autor, nivel de iluminación zonificado.



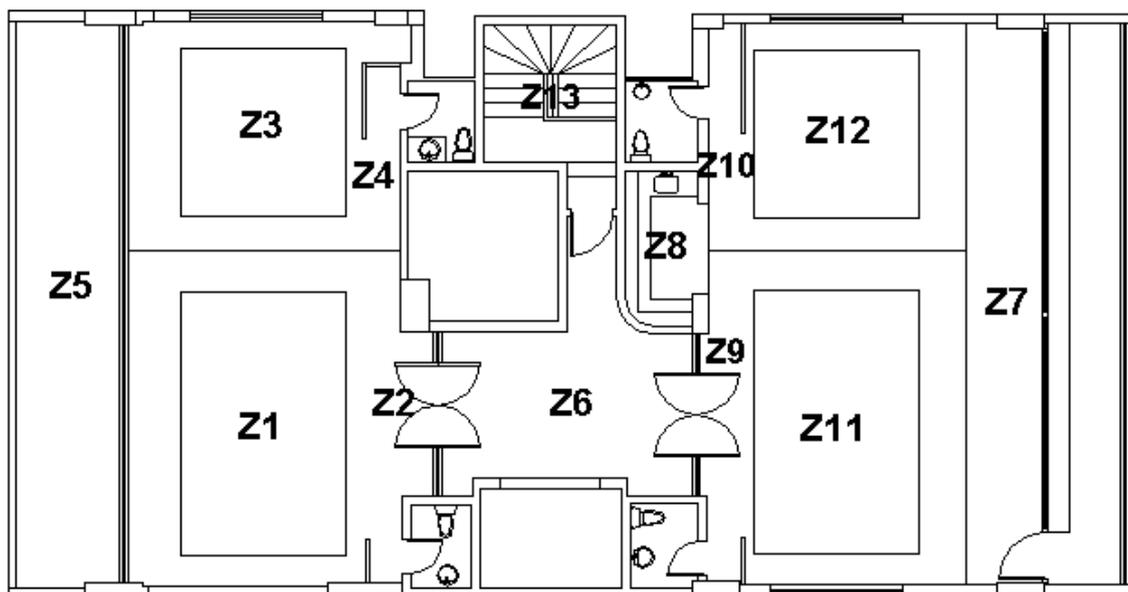
Fuente: El autor, nivel de iluminación zonificado.



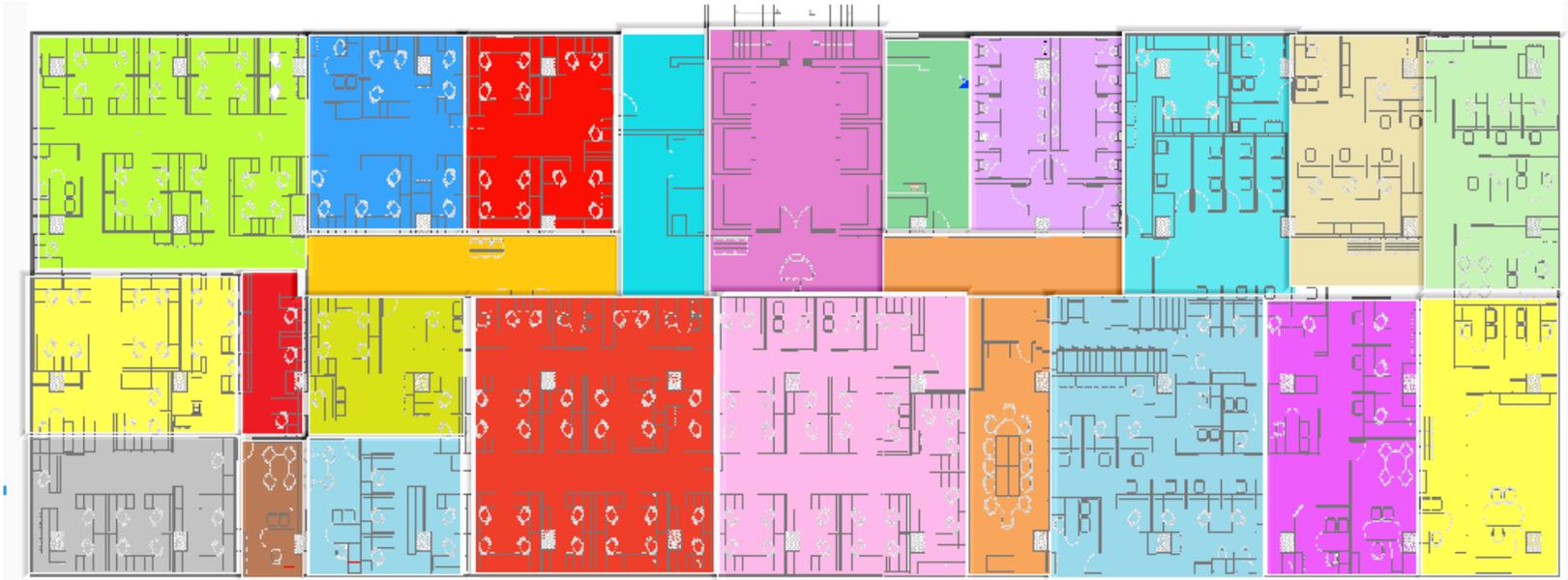
Fuente: El autor, nivel de iluminación zonificado.



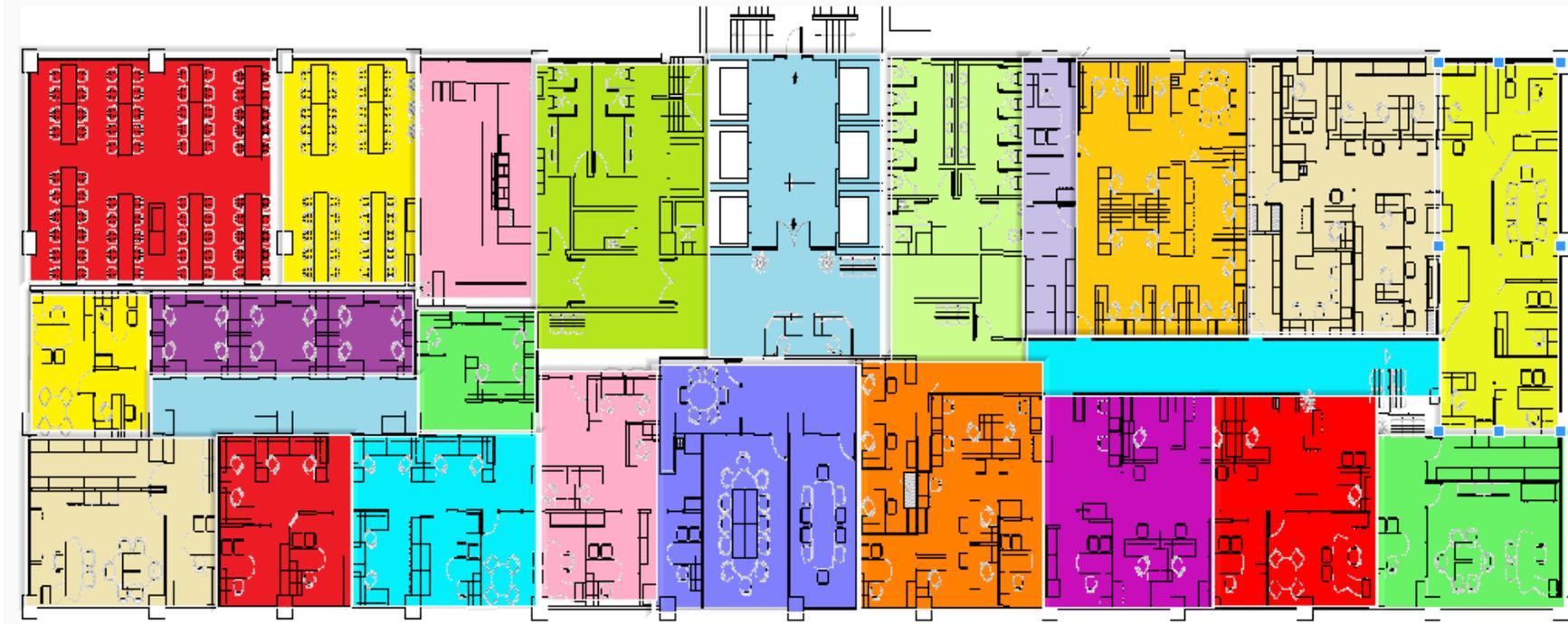
Fuente: El autor, nivel de iluminación zonificado.



PRIMER PISO AMAZONAS



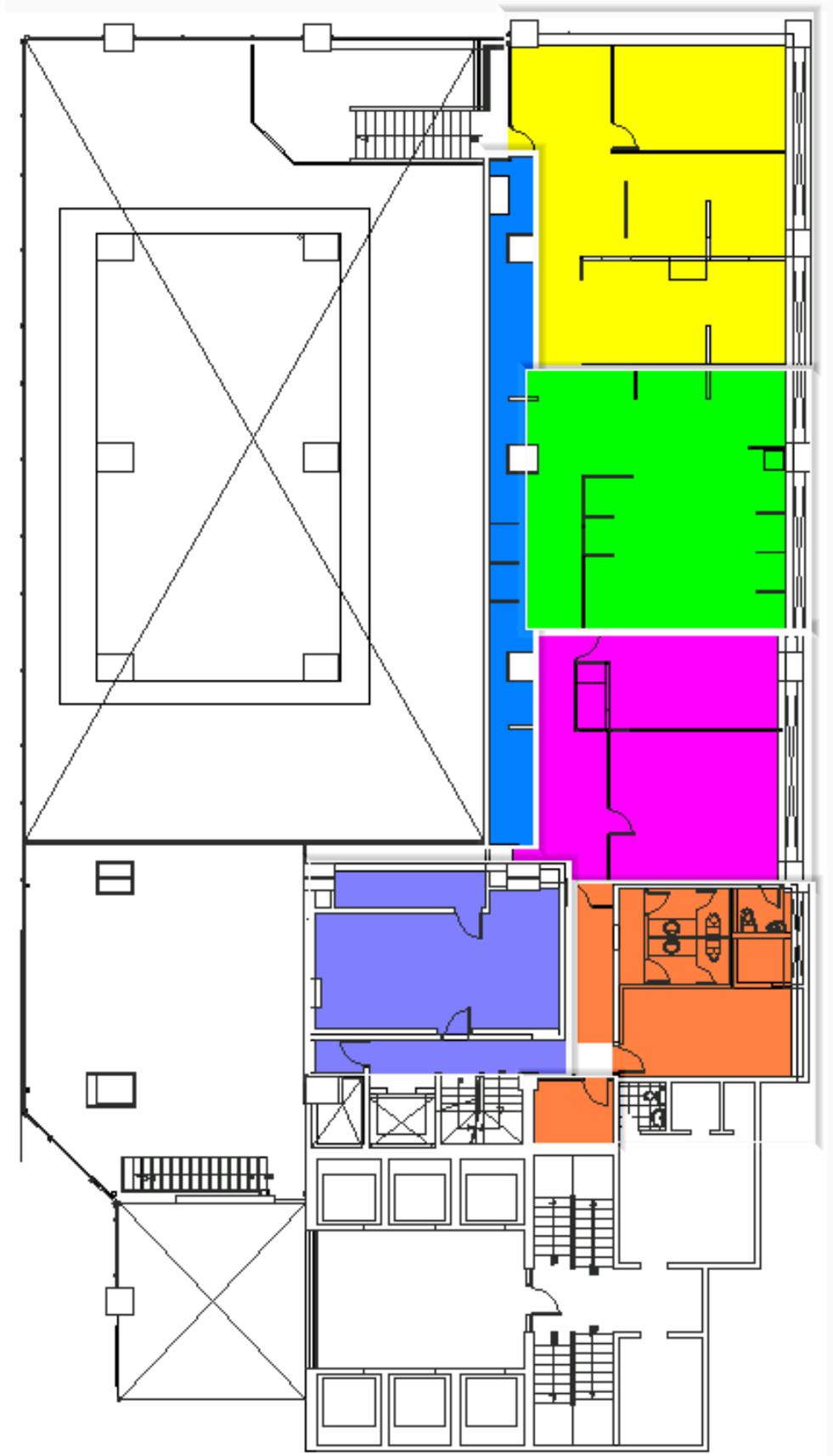
Mezannine



Planta Baja Amazonas



Attilo Amazonas



ANEXO 2

Red de PLC edificio Páez 655

ANEXO 3

Planos

ANEXO 4

DIAGRAMAS DE FUERZA Y MANDO

ANEXO 5

DISTRIBUCIÓN DE BREAKERS

SISTEMA DE ILUMINACIÓN					
TABLERO SLAVE					
PRIMER PISO					
UBICACIÓN TABLERO CUARTO EQUIPOS PRIMER PISO					
Breaker	Código	Ubicación	Breaker	Código	Ubicación
Breaker 1	P1_C1	Jurídicos	Breaker 22	P1_C22	Cuarto de Equipos
Breaker 2	P1_C2	Reclamos	Breaker 23	P1_C23	Reclamos, Devoluciones, Pasillo
Breaker 3	P1_C3	Impugnaciones	Breaker 24	P1_C24	Devoluciones
Breaker 4	P1_C4	Reclamos	Breaker 25	P1_C25	Jefe Nacional de Gestión
Breaker 5	P1_C5	Peticiones	Breaker 26	P1_C26	Iluminación de Emergencia
Breaker 6	P1_C6	Revisión	Breaker 27	P1_C27	Iluminación de Emergencia
Breaker 7	P1_C7	Atención al contribuyente	Breaker 28	P1_C28	Reserva
Breaker 8	P1_C8	Devoluciones	Breaker 29	P1_C29	Reserva
Breaker 9	P1_C9	Reclamos, Devoluciones, Pasillo	Breaker 30	P1_C30	Reserva
Breaker 10	P1_C10	Jefes de Equipos	Breaker 31	P1_C31	Reserva
Breaker 11	P1_C11	Devoluciones	Breaker 32	P1_C32	Reserva
Breaker 12	P1_C12	Devoluciones	Breaker 33	P1_C33	Reserva
Breaker 13	P1_C13	Archivo	Breaker 34	P1_C34	Reserva
Breaker 14	P1_C14	Capacitación	Breaker 35	P1_C35	Reserva
Breaker 15	P1_C15	Remuneraciones	Breaker 36	P1_C36	Reserva
Breaker 16	P1_C16	Contraloría, Planificación y Programación	Breaker 37	P1_C37	Reserva
Breaker 17	P1_C17	Entrevistas, evaluación, desempeño	Breaker 38	P1_C38	Reserva
Breaker 18	P1_C18	Recursos Humanos	Breaker 39	P1_C39	Reserva
Breaker 19	P1_C19	Selección y contratación	Breaker 40	P1_C40	Reserva
Breaker 20	P1_C20	Jefe Nacional de Gestión	Breaker 41	P1_C41	Reserva
Breaker 21	P1_C21	Baños	Breaker 42	P1_C42	Reserva

SISTEMA DE ILUMINACIÓN					
TABLERO POWER LINK SLAVE					
MEZANINE					
UBICACIÓN TABLERO CUARTO EQUIPOS MEZANINE					
Breaker	Código	Ubicación	Breaker	Código	Ubicación
Breaker 1	MZ_C1	Comedor	Breaker 2	MZ_C2	Comedor / Línea caliente
Breaker 3	MZ_C3	Bodega / Tableros / Hall / Baños	Breaker 4	MZ_C4	Baños / Limpieza
Breaker 5	MZ_C5	Seguros bienes y P	Breaker 6	MZ_C6	Auditoría interna
Breaker 7	MZ_C7	Administrativo / Jefe mantenimiento	Breaker 8	MZ_C8	Mantenimiento Infraestructura
Breaker 9	MZ_C9	Jefe de mantenimiento e infracciones / Sala de reuniones / Coordinador	Breaker 10	MZ_C10	Departamento financiero institucional
Breaker 11	MZ_C11	Recaudaciones	Breaker 12	MZ_C12	Pasillos departamento Financiero
Breaker 13	MZ_C13	Control Previo / Cobranzas	Breaker 14	MZ_C14	Jefe financiero / Jefe presupuesto / Jefe tesorería
Breaker 15	MZ_C15	Departamento financiero	Breaker 16	MZ_C16	Hall ingreso
Breaker 17	MZ_C17	Sala de reuniones	Breaker 18	MZ_C18	Seguros
Breaker 19	MZ_C19	Hall Mezanine norte	Breaker 20	MZ_C20	Coordinador y Departamento Administrativo
Breaker 21	MZ_C21	Contrataciones / Adquisiciones	Breaker 22	MZ_C22	Dirección nacional / Archivo
Breaker 23	MZ_C23	Iluminación de emergencia	Breaker 24	MZ_C24	Iluminación de emergencia

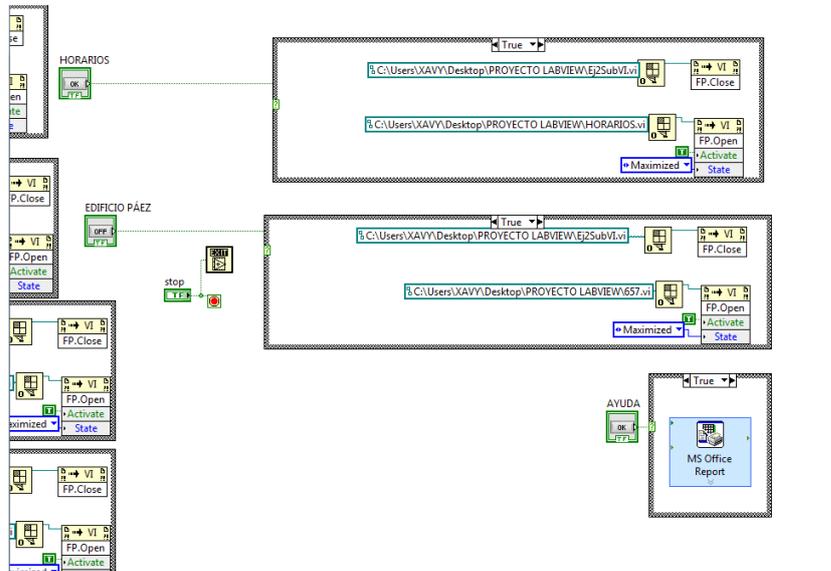
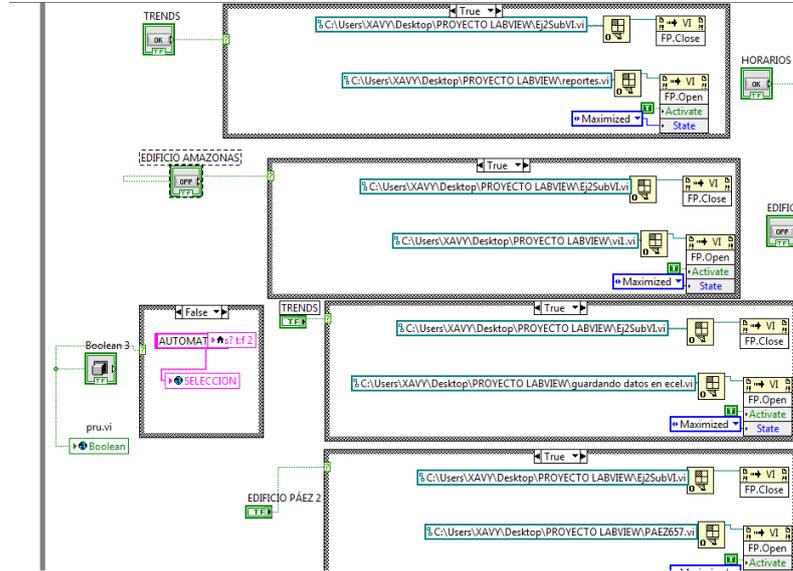
SISTEMA DE ILUMINACIÓN					
TABLERO POWER LINK MASTER					
PLANTA BAJA Y ALTILLO					
UBICACIÓN TABLERO CUARTO EQUIPOS ALTILLO					
Breaker 1	PB_C1	Asociación de empleados	Breaker 2	PB_C2	Archivo Seg. Reg.
Breaker 3	PB_C3	Archivo RRHH / Hall central / Hall archivo financiero	Breaker 4	PB_C4	Baños
Breaker 5	PB_C5	Hall archivo financiero / Archivo financiero/ Hall dispensario medico	Breaker 6	PB_C6	Dispensario médico
Breaker 7	PAL_C18	Fedatarios fiscales	Breaker 8	PB_C8	Atencion al contribuyente
Breaker 9	PB_C9	Ingreso a Alttillo / Supervisor regional / Sala regional	Breaker 10	PB_C10	Atencion al contribuyente
Breaker 11	PB_C11	Ingreso a Alttillo / Supervisor regional / Sala regional	Breaker 12	PB_C12	Despacho / Control /Archivacion
Breaker 13	PB_C13	Sala espera supervisor / Atencion al contribuyente	Breaker 14	PAL_C16	Prevención de infracciones
Breaker 15	PB_C15	Sala espera supervisor / Atencion al contribuyente	Breaker 16	PB_C14	Despacho / Control /Archivacion
Breaker 17	PAL_C17	Jefe de infracciones / Apoyo jurídico / Analistas	Breaker 18	PB_C7	Detalle decorativo Hall Central
Breaker 19	PAL_C19	Bodega / Militares / Vestidor	Breaker 20	PAL_C20	Cuarto de aire acondicionado
Breaker 21	PAL_C21	Cuarto de Equipos	Breaker 20	PAL_C22	Dispensador Médico
Breaker 23	PB_C23	Contorno del hall central planta baja	Breaker 21	E_C24	Iluminación de emergencia Planta Baja y Alttillo

SISTEMA DE ILUMINACIÓN					
TABLERO POWER LINK MASTER					
PLANTA BAJA Y ALTILLO					
UBICACIÓN TABLERO CUARTO EQUIPOS ALTILLO					
Breaker 1	PB_C1	Asociación de empleados	Breaker 2	PB_C2	Archivo Seg. Reg.
Breaker 3	PB_C3	Archivo RRHH / Hall central / Hall archivo financiero	Breaker 4	PB_C4	Baños
Breaker 5	PB_C5	Hall archivo financiero / Archivo financiero/ Hall dispensario medico	Breaker 6	PB_C6	Dispensario médico
Breaker 7	PAL_C18	Fedatarios fiscales	Breaker 8	PB_C8	Atencion al contribuyente
Breaker 9	PB_C9	Ingreso a Alttillo / Supervisor regional / Sala regional	Breaker 10	PB_C10	Atencion al contribuyente
Breaker 11	PB_C11	Ingreso a Alttillo / Supervisor regional / Sala regional	Breaker 12	PB_C12	Despacho / Control /Archivacion
Breaker 13	PB_C13	Sala espera supervisor / Atencion al contribuyente	Breaker 14	PAL_C16	Prevención de infracciones
Breaker 15	PB_C15	Sala espera supervisor / Atencion al contribuyente	Breaker 16	PB_C14	Despacho / Control /Archivacion
Breaker 17	PAL_C17	Jefe de infracciones / Apoyo jurídico / Analistas	Breaker 18	PB_C7	Detalle decorativo Hall Central
Breaker 19	PAL_C19	Bodega / Militares / Vestidor	Breaker 20	PAL_C20	Cuarto de aire acondicionado
Breaker 21	PAL_C21	Cuarto de Equipos	Breaker 20	PAL_C22	Dispensador Médico
Breaker 23	PB_C23	Contorno del hall central planta baja	Breaker 21	E_C24	Iluminación de emergencia Planta Baja y Alttillo

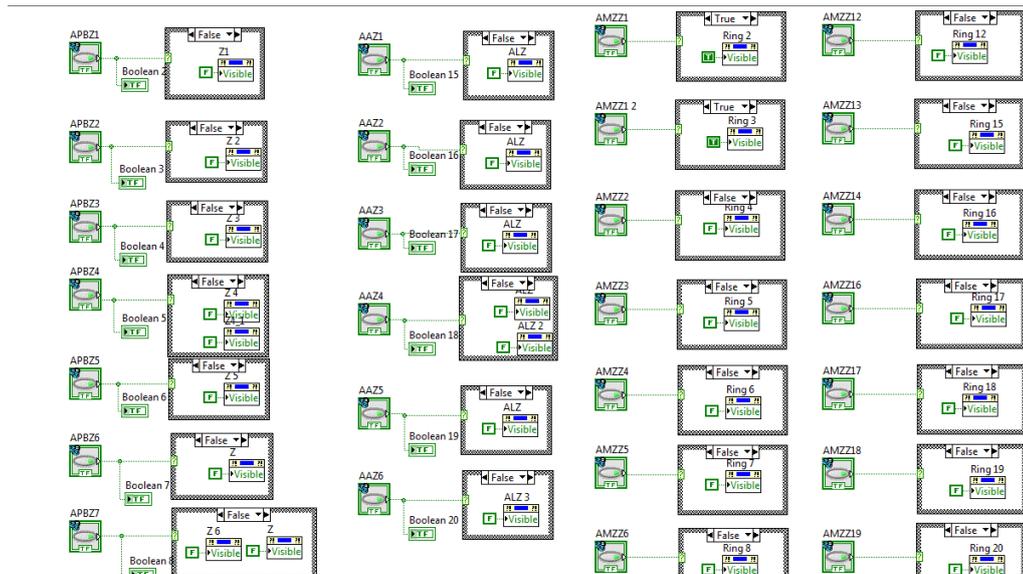
SISTEMA ELÉCTRICO DE TOMACORRIENTES NORMALES					
SUBTABLERO DE DISTRIBUCIÓN					
SUBSUELO 1					
UBICACIÓN TABLERO CUARTO DE EQUIPOS SUBSUELO 1					
Breaker 1	C1	Tomacorriente normal doble polarizado Cuarto de Equipos	Breaker 2	C2	Iluminación Cuarto de Equipos Subsuelo 1
Breaker 3	C3	Tomacorriente normal doble polarizado Cuarto de Generador	Breaker 4	C4	Iluminación Cuarto de Generadores Subsuelo 1
Breaker 4	C5	Tomacorriente de 220V	Breaker 6	C6	Reserva
Breaker 7	C7		Breaker 8	C8	Reserva
Breaker 9	C9	Reserva	Breaker 10	C10	Reserva
Breaker 7	C11	Reserva	Breaker 13	C12	Reserva

ANEXO 6

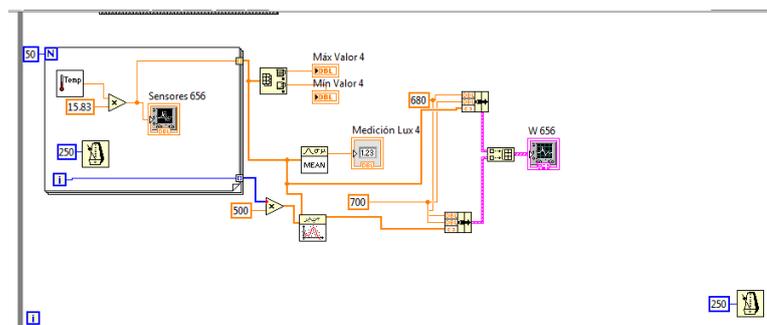
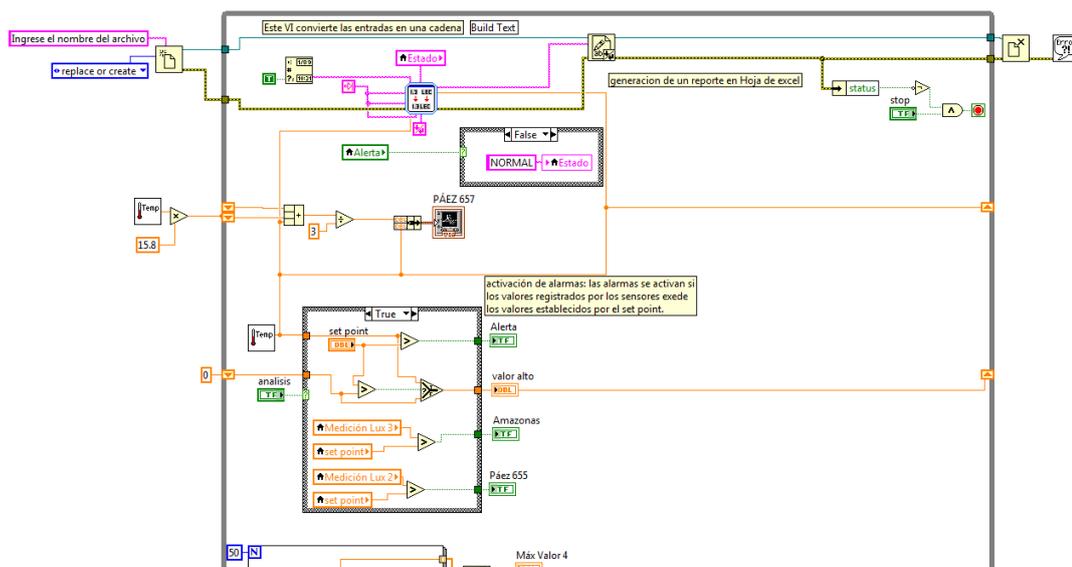
PROGRAMACIÓN EN LABVIEW



Animación de encendido y apagado de zonas



Trends



Generación de reportes

