UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAAGUAZÚ

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD.

PROYECTO FINAL DE GRADO.

Estudio y propuesta de un sistema de protección contra incendios para la Facultad de Ciencias y Tecnologías – UNCA, sede Campus Universitario Coronel Oviedo, basado en criterios de la NP 2 028 96, NFPA y Ordenanzas Nacionales.

AUTOR:

Pedro Daniel González Berutti.

TUTOR:

Ing. Miguel Fernando Leiva Aguilera

CORONEL OVIEDO, DICIEMBRE DE 2025.

Usted es libre de:

- **Compartir — copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato**
- **Adaptar — remezclar, transformar y construir a partir del material**

Bajo los siguientes términos:

- **Atribución — Usted debe dar crédito de manera adecuada, brindar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que usted o su uso tienen el apoyo de la licenciante.**
- **NoComercial — Usted no puede hacer uso del material con propósitos comerciales.**

DERECHO DE AUTOR.

Quien suscriben, Pedro Daniel González Berutti autor del trabajo de investigación titulado “Estudio y propuesta de un sistema de protección contra incendios para la Facultad de Ciencias y Tecnologías – UNCA. sede Campus Universitario Coronel Oviedo, basado en criterios de la NP 2 028 96, NFPA y Ordenanzas Nacionales”, declara que voluntariamente cede a título gratuito en forma pura y simple ilimitada e irrevocablemente a favor de la Facultad de Ciencias y Tecnologías – UNCA, el derecho de autor de contenido patrimonial, que le corresponde sobre el trabajo de referencia. Conforme a lo anteriormente expresado, esta sesión le otorga a la FCyT la Facultad de comunicar la obra divulgarla, publicarla y reproducirla en soportes analógicos o digitales en la oportunidad que así lo estime conveniente. La FCyT deberá indicar qué autoría o creación del trabajo corresponde a mi persona y hará referencia al autor y a las personas que hayan colaborado en la realización del presente trabajo de investigación.

En la ciudad de Coronel Oviedo a los 29 días, del mes de diciembre del 2025.

……

……

Firmas

PÁGINA DE APROBACIÓN.

Trabajo de fin de grado para la obtención del Título de Ingeniero Electricista, aprobado en representación de la Facultad Ciencias y Tecnología de la Universidad Nacional de Caaguazú, por el Tribunal Examinador constituido por los siguientes profesores y con la siguiente nota final:

CALIFICACIÓN FINAL: _____

ACTA N°: _____

FECHA: _____

Prof. Ing.

Prof. Ing.

Prof. Ing.

DEDICATORIA.

Dedico este trabajo a mi esposa, quien ha sido mi mayor sostén emocional en los momentos más exigentes de este proceso. Su compañía, paciencia y confianza en mí hicieron posible que avanzara incluso cuando el cansancio parecía más fuerte.

A mi hijo, cuya sonrisa me recordó cada día por qué vale la pena esforzarse y perseguir los sueños con determinación; él es y seguirá siendo mi motor constante para seguir creciendo.

A mis padres, porque desde pequeño me enseñaron que el estudio y el trabajo honesto son los caminos que abren puertas, y porque nunca dudaron de mis capacidades aun cuando yo mismo lo hacía.

A mis hermanos, por estar siempre listos para ofrecer una palabra de aliento, un consejo sincero o simplemente una presencia que me hiciera sentir acompañado.

Esta dedicatoria es para ellos, porque cada paso que di en este trayecto académico estuvo sostenido por el amor y el apoyo que me brindaron.

AGRADECIMIENTOS.

Agradezco primeramente a Dios, por brindarme la vida, la salud, la fortaleza y la sabiduría necesarias para culminar esta etapa tan importante de mi formación profesional. Por darme la capacidad de superar cada obstáculo y no perder la fe en los momentos más difíciles.

A mi tutor, por su orientación constante, su profesionalismo, su paciencia y su valioso aporte durante todo el desarrollo de este trabajo, aportando con sus conocimientos y experiencia a cada etapa del proceso. A mis profesores, por su dedicación, compromiso y por transmitirme los conocimientos que hoy forman parte de mi preparación académica y profesional.

A mis compañeros de estudio, por el compañerismo, la solidaridad, los momentos de aprendizaje compartido y el apoyo mutuo que hicieron más llevadero este camino. Finalmente, agradezco a todas aquellas personas que, de manera directa o indirecta, contribuyeron a mi crecimiento personal y académico, dejando una huella importante en esta etapa de mi vida.

RESUMEN.

El presente trabajo de investigación desarrolla el diseño integral de un sistema de protección contra incendios (PCI) para la Facultad de Ciencias y Tecnologías de la Universidad Nacional de Caaguazú (UNCA), sede Campus Universitario Coronel Oviedo. Su propósito principal es garantizar la seguridad eléctrica y humana dentro de las instalaciones, mediante la aplicación de criterios técnicos y normativos basados en la NP 2 028 96, las normas NFPA 70, NFPA 72, NFPA 101, y las Ordenanzas Nacionales N° 28/2002 y 468/14.

El proyecto contempla el diseño de subsistemas eléctricos de detección, alarma, iluminación de emergencia y señalización de salidas, priorizando la autonomía operativa y la confiabilidad del suministro eléctrico. A través de la integración de estos elementos se busca conformar un sistema seguro, eficiente y conforme a los estándares internacionales de protección contra incendios. El trabajo incluye además la elaboración de planos eléctricos, diagramas unifilares y simulaciones normativas que aseguran la cobertura y el desempeño exigidos.

Desde el punto de vista metodológico, la investigación es aplicada, descriptiva y propositiva, desarrollándose mediante fases de diagnóstico, análisis normativo, diseño, validación técnica y documentación final. Se emplearán herramientas especializadas como AutoCAD y DIALux para el modelado de instalaciones y el cálculo de iluminación de emergencia.

El enfoque del proyecto destaca la importancia del ingeniero electricista en la seguridad integral, evidenciando que un sistema PCI es, en esencia, un sistema eléctrico especializado que requiere autonomía, selectividad y continuidad de servicio. Su implementación fortalecerá la infraestructura institucional, contribuyendo al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS 9, 11 y 13) mediante la promoción de entornos educativos seguros, sostenibles y resilientes.

Palabras clave: Protección Contra Incendios, Ingeniería Eléctrica, Seguridad Institucional, NFPA, Autonomía Energética, ODS 9 – Industria, Innovación e Infraestructura, ODS 11 – Ciudades y comunidades sostenibles, ODS 13 – Acción por el clima.

ABSTRACT.

This research project develops the comprehensive design of a fire protection system (PCI) for the Faculty of Science and Technology at the National University of Caaguazú (UNCA), located on the Coronel Oviedo campus. Its main objective is to ensure electrical and human safety within the facilities through the application of technical and regulatory criteria established by NP 2 028 96, as well as the NFPA 70, NFPA 72, and NFPA 101 standards, and National Ordinances No. 28/2002 and 468/14.

The project encompasses the design of electrical subsystems for detection, alarm, emergency lighting, and exit signage, emphasizing operational autonomy and reliability of the electrical supply. By integrating these components, the aim is to establish a safe, efficient system consistent with international fire-protection standards. The work also includes the development of electrical drawings, single-line diagrams, and compliance simulations that verify proper coverage and required performance.

From a methodological perspective, the research is applied, descriptive, and propositional, structured into phases of diagnosis, regulatory analysis, system design, technical validation, and final documentation. Specialized software such as AutoCAD and DIALux will be used for installation modeling and emergency-lighting calculations.

The project highlights the crucial role of the electrical engineer in integrated safety, demonstrating that a PCI system is, in essence, a specialized electrical system that demands autonomy, selectivity, and service continuity. Its implementation will strengthen the institution's infrastructure and contribute to the achievement of the Sustainable Development Goals (SDGs 9, 11, and 13) by promoting safe, sustainable, and resilient educational environments.

Keywords: Fire Protection, Electrical Engineering, Institutional Safety, NFPA, Energy Autonomy, SDG 9 – Industry, Innovation and Infrastructure; SDG 11 – Sustainable Cities and Communities; SDG 13 – Climate Action.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....1
1.1. Planteamiento del problema.....1
1.2. Antecedentes.....2
1.3. Objetivos.....3
1.3.1. Objetivo General.....3
1.3.2. Objetivos Específicos.....3
1.4. Marco teórico.....4
1.4.1. Sistema de Detección y Alarmas Contra Incendios.....4
1.4.2. Aspectos Eléctricos Normativos.....4
1.4.3. Panel de Control de Alarma Contra Incendios.....5
1.4.4. Funcionamiento Técnico de los Lazos de Detección y Notificación.....6
1.4.5. Supervisión Eléctrica y Gestión de Fallas:.....7
1.4.6. Importancia del Panel como “Servicio Esencial Eléctrico.....8
1.4.7. Tipos de Paneles.....8
1.4.8. Paneles Convencionales – Funcionamiento Eléctrico.....8
1.4.9. Arquitectura eléctrica del sistema convencional.....8
1.4.10. Paneles Direccionables – Funcionamiento Eléctrico Avanzado.....9
1.4.11. Sistemas de voceo (altavoces de evacuación).....12
1.4.12. Integración con otros sistemas de seguridad.....12
1.4.13. Principios de funcionamiento eléctrico e integración de detectores automáticos del sistema PCI.....13
1.4.14. Dispositivos de notificación.....13
1.4.15. Fuentes de Energía de Respaldo.....15
1.4.16. Iluminación de emergencia.....17
1.4.17. Señalización de salidas.....19
2. METODOLOGÍA.....21
2.1. Descripción del trabajo.....21
2.2. Relevamiento de campo y análisis arquitectónico.....21
2.3. Análisis de Riesgos y Zonificación del Sistema.....22
2.4. Selección de Equipos y Diseño del Sistema Eléctrico.....22
2.5. Cálculos Eléctricos del Sistema.....23
2.6. Generación de Planos y Documentación Técnica.....23
2.7. Validación Técnica del Diseño.....23

3. INGENIERÍA DE DISEÑO. 24
3.1. Enfoque general del diseño. 24
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS. 25
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 27
5.1. Conclusiones 27
5.2. Recomendaciones 27
6. Bibliografía 29
7. ANEXO 30
7.1. NORMATIVA CONSULTADA 30
7.2. Detectores automáticos. 30
7.3. Determinación de área a proteger 35
7.1. ANALISIS MACRO COBERTURA Y CÁLCULO DE CANTIDAD (NFPA 72) 37
7.2. DISEÑO TÉCNICO DEL SISTEMA PCI. 45
7.3. Diseño del Sistema de Detección y Alarma Contra Incendios 46
7.3.1. Selección del tipo de Panel 46
7.3.2. Ubicación estratégica de detectores. 46
7.3.3. Dispositivos de Notificación (Sirenas, Estrobos, Voceo) 47
7.4. Diseño de Iluminación de Emergencia 47
7.4.1. Tipo de luminarias. 47
7.4.2. Ubicación. 47
7.4.3. Criterios eléctricos. 47
7.4.4. Aplicación de la NP 2 028 96 47
7.5. Diseño de señalización de salidas. 48
7.5.1. Tipos de señalización. 48
7.5.2. Criterios de ubicación. 48
7.6. Cálculo de energía de respaldo. 48
7.6.1. Baterías internas al panel. 48
7.6.2. UPS para cargas esenciales 48
7.7. Análisis Integral y Diseño del Sistema de detección. 48
7.8. Caracterización Arquitectónica del Nivel: 49
7.8.1. Analisis PCI: 49
7.9. Clasificación del riesgo: 50
7.10. Selección del Tipo de Detectores y Estrategia de Cobertura 51
7.11. Cobertura y cálculo de cantidad (NFPA 72) 51
7.12. Diseño y Ubicación de Estaciones Manuales (Pulsadores) 51
7.13. Diseño de dispositivos de notificación audible y visual. 52

7.14. Diseño del Sistema de Iluminación de Emergencia 54
7.15. Diseño de la Señalización y Rutas de Evacuación 56
7.16. Determinación del Tipo y Ubicación del Panel Central de Alarmas 58
8. Análisis Eléctrico Integral del Sistema PCI 60
8.1. Bloque Administrativo: Datos de entrada, en el Bloque Administrativo: 60
8.2. Bloque Aulas: Datos de entrada, en el Bloque de Aulas: 61
8.3. Bloque Laboratorios: Datos de entrada, en el Bloque de Laboratorios: 62
Observación: La condición 1°, cumple la caída de tensión. La condición 2°, cumple la condición térmica. 63
8.4. Bloque Cantina: Datos de entrada, en el Bloque de Cantina: 64
Observación: La condición 1°, cumple la caída de tensión. La condición 2°, cumple la condición térmica. 64
Observación: La condición 1°, cumple la caída de tensión. La condición 2°, cumple la condición térmica. 65
8.5. Cálculo de alimentador Tablero PCI 66
Observación: La condición 1°, cumple la caída de tensión. La condición 2°, cumple la condición térmica. 66
9. Presupuesto de ejecución del proyecto técnico 68
9.1. DISEÑO DE PLANO BLOQUE ADMINISTRATIVO 70
9.1.1. REFERENCIA BLOQUE ADMINISTRATIVO 71
9.2. DISEÑO DE PLANO BLOQUE AULAS 72
9.2.1. REFERENCIA BLOQUE AULAS 73
9.3. DISEÑO DE PLANO BLOQUE LABORATORIO 74
9.3.1. REFERENCIA BLOQUE LABORATORIO 75
9.4. DISEÑO DE PLANO BLOQUE CANTINA 76
9.4.1. REFERENCIA BLOQUE CANTINA 77
9.5. PLANO BLOQUE ANFITEATRO 78
9.5.1. REFERENCIA BLOQUE ANFITEATRO 79

Índice de Figuras

Figura 1. NFPA 70 y 101 4
Figura 2. Panel Central de Alarmas. 5
Figura 3. Sistema Convencional. 14
Figura 4. Sistema Direccionable. 16
Figura 5. Cableado Clase A. 17
Figura 6. Cableado Clase B. 18
Figura 7. Conexionado sistema de voceo 19
Figura 8. Detector de humo. 21
Figura 9. Detector termovelocimétrico. 25
Figura 10. Pulsador manual de alarma. 27
Figura 11. Bocina contra incendios. 30
Figura 12. Estrobos. 31
Figura 13. Bateria interna al PCC 34
Figura 14. UPS. 35
Figura 15. Iluminacion de emergencia. 36
Figura 16. Señalización de salidas. 40
Figura 17. Planta principal bloque administrativo. 53
Figura 18. Calculo de area. 54
Figura 19. Calculo de area circulacion 57
Figura 20. Proyeccion cobertura detectores. 59
Figura 21. Proyeccion cobertura total detectores. 60
Figura 22. Proyeccion superficies en ambientes cerrados. 61
Figura 23. Proyeccion cobertura detectores puntuales. 62
Figura 24. Detectores humo/calor. 63
Figura 25. Proyeccion pulsadores y alarmas 65
Figura 26. Iluminacion de emergencia. 67
Figura 27. Rutas de evacuacion. 69
Figura 28. Panel central de alarma. 71
Figura 27. Esquema unifilar PCI. 78

1. INTRODUCCIÓN.

1.1. Planteamiento del problema.

La Facultad de Ciencias y Tecnologías de la Universidad Nacional de Caaguazú, sede Coronel Oviedo, alberga diariamente a una importante población de estudiantes, docentes y funcionarios en instalaciones que incluyen aulas, laboratorios y oficinas equipadas con numerosos dispositivos eléctricos y electrónicos, lo que genera una carga de fuego significativa y un riesgo potencial de incendio. En el contexto de las edificaciones modernas, la seguridad contra incendios plantea un doble desafío: prevenir siniestros originados por fallas en las instalaciones eléctricas y garantizar el funcionamiento continuo de los sistemas de protección contra incendios (PCI) durante situaciones de emergencia. La experiencia nacional e internacional demuestra que un alto porcentaje de los incendios en edificaciones se origina en sobrecargas, cortocircuitos, deterioro de aislaciones, conexiones deficientes o ausencia de protecciones adecuadas, evidenciando una brecha entre el diseño teórico y la correcta aplicación de la normativa vigente.

Actualmente, la sede no dispone de sistemas de detección automática de incendios, iluminación de emergencia ni señalización de salidas, elementos esenciales para asegurar una evacuación segura y oportuna. Esta carencia constituye una vulnerabilidad significativa en una edificación educativa de uso público, pudiendo derivar en retrasos en la respuesta ante un siniestro, incremento del riesgo para la vida de los ocupantes, pérdidas de equipamiento tecnológico y bibliografía especializada, así como dificultades para el cumplimiento de normativas nacionales e internacionales y para el acceso a procesos de acreditación institucional.

En el ámbito nacional, la Norma Paraguaya NP 2 028 96 – Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión (INTN) establece los principios fundamentales de seguridad eléctrica orientados a la protección de personas y bienes. No obstante, en numerosos proyectos de protección contra incendios se evidencia una aplicación insuficiente de estos lineamientos, particularmente en la determinación de cargas y potencias de alimentación de los sistemas PCI, la separación y selectividad de circuitos eléctricos, el diseño de esquemas de puesta a tierra y la implementación de fuentes de energía de seguridad y reserva, tales como baterías y sistemas UPS.

La problemática central radica en que muchos sistemas de protección contra incendios son concebidos principalmente desde enfoques mecánicos o arquitectónicos, relegando la ingeniería eléctrica a un rol secundario. Esta situación da lugar a instalaciones incompletas, en las que los sistemas de detección, alarma y evacuación carecen de un respaldo eléctrico confiable y de protecciones selectivas adecuadas, comprometiendo su operatividad en condiciones críticas. En consecuencia, la falta de integración normativa y técnica de las instalaciones eléctricas de baja tensión en el diseño de sistemas PCI incrementa el riesgo de incendios de origen eléctrico, la posibilidad de indisponibilidad de los sistemas durante emergencias y el incumplimiento de la normativa vigente, con las consecuentes deficiencias técnicas y legales.

Frente a este escenario, se plantea la necesidad de analizar, adaptar y aplicar de manera integrada la Norma Paraguaya NP 2 028 96 junto con normas internacionales como la NFPA 70 (NEC), la NFPA 72 y la NFPA 101, así como las ordenanzas nacionales aplicables, con el objetivo de concebir las instalaciones eléctricas que alimentan los sistemas PCI bajo criterios de seguridad, continuidad y confiabilidad. La resolución de esta problemática permitirá elevar el estándar de protección contra incendios en edificaciones educativas, consolidando a la infraestructura eléctrica como un pilar fundamental de la seguridad integral y posibilitando el diseño de un sistema integral de detección de incendios, iluminación de emergencia y señalización de salidas conforme a la normativa vigente. [1] [6] [7] [8] [9]

1.2. Antecedentes.

En el ámbito internacional, las universidades y centros educativos han reconocido la importancia de los sistemas de detección y alarma contra incendios como elementos esenciales para la seguridad de sus ocupantes. Estudios realizados en campus universitarios de Estados Unidos y Europa evidencian que la implementación de detectores automáticos, sistemas de alarma y señalización de salidas ha reducido significativamente el tiempo de evacuación y la probabilidad de pérdidas humanas y materiales. En muchos países, el cumplimiento de normas como la NFPA 72 y la NFPA 101 es un requisito indispensable para el funcionamiento de instituciones educativas de nivel superior. [1] [6] [7]

En América Latina, diversos proyectos académicos y de infraestructura en universidades públicas y privadas han incorporado sistemas de detección temprana y señalización de rutas de evacuación para adecuarse a normativas internacionales y procesos de acreditación, demostrando que la inversión en sistemas de protección contra incendios no solo reduce riesgos para estudiantes y docentes, sino que también fortalece la imagen institucional ante organismos reguladores. En Paraguay, la Ordenanza Municipal 468/14 de Asunción constituye la principal referencia normativa en materia de prevención contra incendios, estableciendo criterios básicos para detección, alarma, iluminación de emergencia y señalización de salidas; sin embargo, numerosas instituciones de educación superior aún carecen de sistemas PCI adecuados, lo que evidencia una brecha significativa en materia de seguridad. [9]

1.3. Objetivos.

1.3.1. Objetivo General.

Diseñar un sistema integral de detección de incendios, iluminación de emergencia y señalización de salidas para la Facultad de Ciencias y Tecnologías – UNCA, sede Campus Universitario Coronel Oviedo, de acuerdo con los lineamientos de la Norma Paraguaya NP 2 028 96, la Ordenanza Nro 468/14 y las NFPA, con el fin de garantizar la seguridad de los ocupantes, la protección del patrimonio y el cumplimiento normativo.

1.3.2. Objetivos Específicos.

- Diagnosticar las condiciones actuales de riesgo eléctrico y de evacuación de la sede universitaria.
- Analizar los requisitos normativos y técnicos establecidos en NFPA y en la normativa local, aplicables a detección, alarmas, iluminación de emergencia y señalización de salidas.
- Dimensionar y seleccionar los dispositivos de detección, paneles de control, sirenas, luminarias de emergencia y carteles de salida, considerando autonomía, cobertura y distribución.
- Diseñar los planos eléctricos y esquemas de instalación, incluyendo recorridos de cableado, tableros de control y fuentes de energía de respaldo

1.4. Marco teórico.

1.4.1. Sistema de Detección y Alarmas Contra Incendios.

Un sistema de detección de incendios está compuesto por dispositivos electrónicos capaces de reconocer señales asociadas a un incendio, tales como presencia de humo, aumento brusco de temperatura o activación manual por parte de un ocupante. La función de estos sistemas es alertar tempranamente y activar mecanismos de aviso y control.

El panel de control de alarma contra incendios actúa como el centro de procesamiento. Recibe señales de campo, supervisa el estado de los circuitos, detecta fallas de cableado y activa los dispositivos de notificación cuando corresponde. Estos paneles trabajan con alimentación dual: energía de red y baterías internas que garantizan su funcionamiento continuo ante un corte de suministro.

Los pueden clasificarse en:

Cada tipo responde a distintos escenarios de incendio y posee criterios específicos de ubicación según NFPA 72.

1.4.2. Aspectos Eléctricos Normativos.

La NP 2 028 96 establece requisitos fundamentales sobre protecciones, conductores, esquemas de puesta a tierra y fuentes de seguridad. En sistemas PCI, se exige que los circuitos sean independientes, estén correctamente identificados y posean protecciones selectivas para evitar disparos en cascada.

Por su parte, la NFPA 70 (NEC) define criterios sobre cableado, resistencias al fuego, canalizaciones y alimentación de servicios esenciales. La NFPA 101 incorpora aspectos de seguridad humana, ocupación y evacuación.

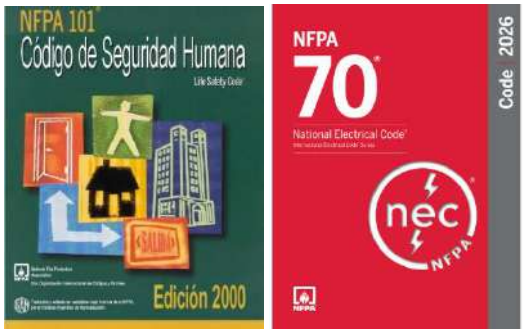


Figura 1. NFPA 70 y 101.

1.4.3. Panel de Control de Alarma Contra Incendios.

Es el cerebro del sistema. Recibe señales de los detectores, estaciones manuales y otros dispositivos, interpreta la información y activa las alarmas correspondientes. Funciones principales:

- Monitoreo permanente de todos los dispositivos conectados.
- Activación de sirenas, estrobos y sistemas auxiliares (ventilación, compuertas, puertas eléctricas).
- Supervisión de fallas (corte de cable, pérdida de comunicación, falla de energía).
- Registro de eventos en memoria interna o impresora de reportes.

Figura 2. Panel Central de Alarmas.

Características eléctricas:

- Alimentación principal a 220 Vca.
- Baterías de respaldo (24 Vcc) con autonomía mínima de 24 horas en modo supervisión + 5 minutos en alarma, según NFPA 72. [1] [7]

Capacidad de expansión por módulos (lazos de detectores, salidas de notificación, integración a BMS).

El Panel de Control de Alarma Contra Incendios es el centro lógico y energético del sistema PCI. Se comporta como un sistema electrónico crítico que debe mantener continuidad operativa incluso cuando las condiciones de alimentación externa son

desfavorables. Su función principal consiste en recibir, interpretar y gestionar señales provenientes de múltiples lazos de detección y notificación, utilizando electrónica interna diseñada para operar con alta confiabilidad y tolerancia a fallas.

El panel está compuesto por :

- Módulo de Alimentación Principal.
- Recibe tensión de red (típicamente 220 Vca en Paraguay).
- Incorpora fuentes conmutadas internas que transforman la tensión alterna en corrientes continuas estables necesarias para la electrónica del sistema.
- Incluye protecciones internas como fusibles de entrada, varistores y filtros EMI para evitar perturbaciones en la etapa lógica.
- Sistema de Energía de Respaldo (Battery Backup Stage)
- Opera con baterías de 24 Vcc (dos baterías de 12 V conectadas en serie).
- El panel mantiene carga flotante constante sobre las baterías para conservarlas en estado óptimo.
- Ante la pérdida de tensión de red, la transferencia es automática e instantánea, garantizando la continuidad del servicio sin interrupciones perceptibles.
- Según NFPA 72, debe sostener el funcionamiento por 24 horas en supervisión + 5 minutos en alarma, lo que exige cálculos de consumo por cada lazo para dimensionar correctamente las baterías.
- Módulos de Control y Electrónica Lógica
- Incluyen microcontroladores, buses de comunicación, convertidores analógico–digitales y circuitos de supervisión.
- Estos módulos monitorean permanentemente impedancias, corrientes de lazo y estados de cada dispositivo conectado.
- Electrónica de supervisión detecta fallas típicas: circuito abierto, caída de tensión, cortocircuito, inversión de polaridad, pérdida de comunicación, etc.

1.4.4. Funcionamiento Técnico de los Lazos de Detección y Notificación.

El panel divide sus funciones en

a) Lazos de Detección (SLC – Signaling Line Circuits).

- Funcionan normalmente con corriente continua regulada, en rangos de tensión diseñados para ser detectados por la electrónica del panel.
- El panel mide continuamente la impedancia total del lazo, lo cual permite detectar:
    - desconexiones,
    - derivaciones a tierra,
    - cortocircuitos,
    - dispositivos removidos o fallados.

Desde el punto de vista eléctrico, cada dispositivo es una carga electrónica que modifica la respuesta del lazo según su estado (normal, alarma o fallo). Esto permite que el panel interprete la señal sin necesidad de cableados independientes para cada equipo.

b) Lazos de Notificación (NAC – Notification Appliance Circuits).

- Alimentan sirenas, estrobos, campanas o dispositivos combinados.
- Trabajan con corriente continua supervisada durante el modo normal y pasan a modo energizado durante la alarma.
- El diseño exige cálculos de caída de tensión, capacidad de corriente total y compatibilidad con los consumos de cada aparato.

1.4.5. Supervisión Eléctrica y Gestión de Fallas:

Desde la perspectiva PCI, la es tan importante como la detección. El panel ejecuta, en tiempo real:

- Análisis de cada lazo, para identificar anormalidades.
- El estado de carga, voltaje, corriente de carga y descarga.
- Interferencias que afecten la integridad de la señal.
- Registros eventos con marcas temporales.

La supervisión convierte al panel en un dispositivo activo de seguridad, no solo en un elemento pasivo de señalización.

1.4.6. Importancia del Panel como "Servicio Esencial Eléctrico.

Según la normativa nacional (NP 2 028 96) y estándares internacionales, el panel PCI forma parte de los , lo que implica:

- Alimentación desde circuitos eléctricos dedicados.
- Protección selectiva para evitar disparos en cascada.
- Identificación especial en tableros.
- Canalizaciones resistentes al fuego cuando el edificio lo requiere.

Esto lo diferencia de una carga eléctrica común: es un dispositivo que debe seguir funcionando cuando todo lo demás ya falló.

1.4.7. Tipos de Paneles.

Los paneles de alarma contra incendios pueden clasificarse principalmente en y , y la diferencia entre ambos se basa en la forma en que interpretan las señales eléctricas provenientes de los dispositivos de campo y en la arquitectura del cableado. Aunque ambos cumplen la función de detectar y notificar una condición de incendio, su comportamiento desde el punto de vista eléctrico y lógico es considerablemente distinto.

1.4.8. Paneles Convencionales – Funcionamiento Eléctrico

En un panel convencional, los dispositivos de detección (detectores de humo, temperatura y pulsadores manuales) se conectan mediante un , agrupados por zonas. Cada zona se comporta eléctricamente como un , donde el panel detecta variaciones en la impedancia producidas por:

- El estado normal del lazo.
- Una alarma (cambio significativo en la resistencia o corriente).
- Un fallo (circuito abierto, cortocircuito o falla a tierra).

1.4.9. Arquitectura eléctrica del sistema convencional

- Cada zona constituye un con su propia supervisión.
- El lazo se cierra con una , que permite al panel identificar si el circuito está completo o presenta una interrupción.
- La señal que recibe el panel es , es decir, solo diferencia entre:

- condición normal.
- alarma.
- falla.

- No existe transmisión de información específica de cada detector, ya que todos los dispositivos de la zona comparten el mismo circuito.

Implicancias eléctricas.

Cuando un detector se activa, el lazo modifica su comportamiento eléctrico en forma global. El panel identifica que hubo una activación en la zona, pero no puede determinar cuál fue el dispositivo exacto.
Por ello:

- el mantenimiento requiere inspecciones manuales de cada unidad.
- la localización del evento se limita al área general cubierta por la zona.
- el diseño debe evitar zonas demasiado grandes para no perder capacidad de diagnóstico.

Este tipo de panel resulta adecuado para edificaciones pequeñas o medianas donde las zonas pueden delimitarse de manera clara y el costo debe mantenerse reducido.

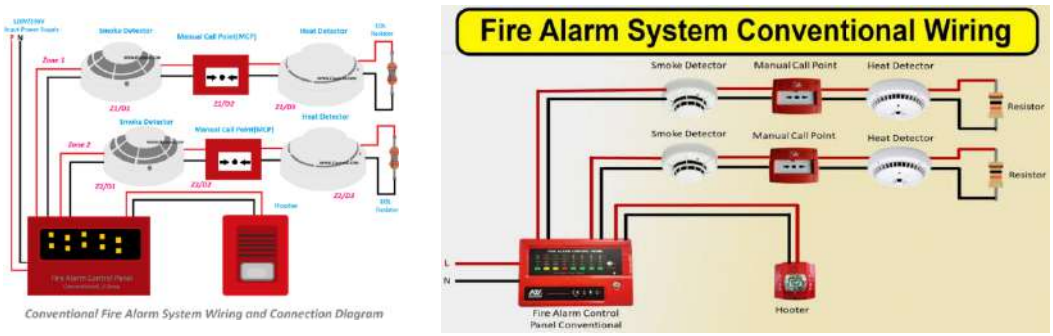


Figura 3. Sistema convencional.

1.4.10. Paneles Direccionables – Funcionamiento Eléctrico Avanzado

Los paneles direccionables incorporan electrónica digital y microcontroladores que permiten identificar individualmente cada dispositivo del sistema. Aquí el cableado forma un lazo cerrado (loop), dentro del cual los detectores, módulos y pulsadores poseen una dirección única, asignada durante la programación.
Arquitectura eléctrica del sistema direccionable.

- El lazo trabaja con una , que viaja en ambos sentidos.

- La comunicación entre el panel y los dispositivos es , lo que permite enviar y recibir datos continuamente.
- La electrónica interna del panel analiza las respuestas de cada equipo mediante protocolos propietarios, diferenciando condiciones de alarma, supervisión, falla, mantenimiento o suciedad en cámaras ópticas.

Ventajas eléctricas y de control.

- La respuesta eléctrica incluye la dirección asignada.
- Algunos sistemas soportan funcionamiento parcial incluso con un corte en un punto del circuito.
- Depende de parámetros eléctricos: corriente, voltaje, respuesta de sensores, estado de módulos.

Implicancias del diseño eléctrico.

- La caída de tensión debe calcularse considerando el consumo máximo del lazo.
- La longitud del sistema está limitada por la capacidad de la electrónica para mantener niveles estables de señal.
- El uso de comunicación digital exige conductores con características específicas según cada fabricante.
- Se deben prever ampliaciones mediante módulos adicionales, lo que impacta en la capacidad de corriente de la fuente principal y del sistema de baterías.Los sistemas direccionables son adecuados para edificios de gran superficie o con alta compartimentación, donde la precisión y la capacidad de diagnóstico son esenciales.

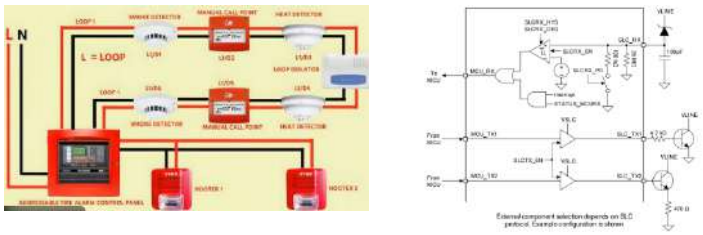


Figura 4. Sistema direccionable.

Aspectos eléctricos normativos.

- Alimentación a 220 Vca con baterías internas de respaldo (24 Vcc).
- Autonomía mínima: 24 horas en supervisión + 5 minutos en alarma (NFPA 72).
- Requiere circuito eléctrico independiente y protegido.
- El tablero debe instalarse en un lugar accesible, seguro y señalizado (sala de control, portería o área protegida).
- Designación de las clases de circuitos.

- Se designarán como Clase A, Clase B, Clase C, Clase D, Clase E o Clase X, dependiendo de su rendimiento.

CLASE A.

Un circuito se designará como Clase A cuando su rendimiento sea el siguiente:

- Incluye una ruta redundante.
- La capacidad operativa continúa aun después de una sola apertura.
- Se dan a conocer las condiciones que afectan a la operación prevista de la línea.
- La capacidad operativa se mantiene aun cuando exista una falla a tierra.

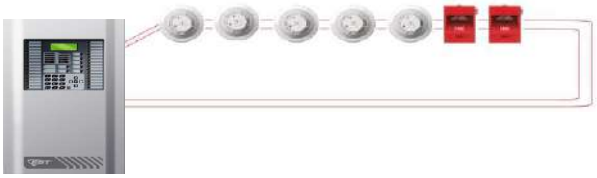


Figura 5. Cableado clase A.

CLASE B.

Un circuito se designará como clase B cuando su rendimiento sea el siguiente:

- No incluye una ruta redundante.
- Capacidad operativa se detiene con un solo caso de apertura.
- Se dan a conocer las condiciones que afectan al sistema como señal de problema.
- La capacidad operativa se mantiene aun cuando exista una falla a tierra.

Figura 6. Cableado clase B.

1.4.11. Sistemas de voceo (altavoces de evacuación)

- Permiten difundir mensajes de vox pregrabados o en vivo.
- Son altamente efectivos, ya que la voz humana guía mejor la evacuación que un sonido genérico.
- Se integran y pueden combinarse con sistemas de megafonía existentes.
- En edificio de gran concurrencia, la NFPA72 recomienda su uso como sistema de evacuación por voz.

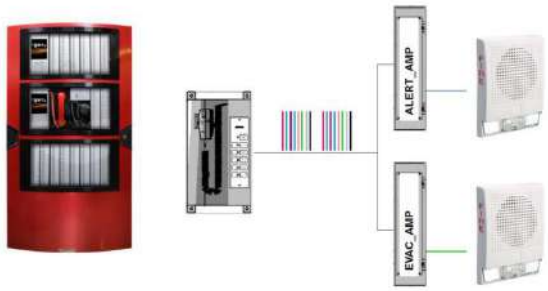


Figura 7. Conexionado sistema de voceo.

1.4.12. Integración con otros sistemas de seguridad.

Un sistema de alarma contra incendios no funciona de manera aislada debe interactuar con otros subsistemas del edificio para automatizar la respuesta.

Ejemplos de integración:

- Cierre de compuertas cortafuego: al activarse una alarma, se cierran automáticamente las compuertas para evitar la propagación del humo y las llamas.
- Desbloqueo de puertas electromagnéticas: permite que las rutas de evacuación queden libres y accesibles.
- Activación de extractores de humo y ventilación forzada: facilita la evacuación y mejora la visibilidad en pasillos y escaleras.
- Enlace con sistemas de supresión: puede enviar señal de activación a sistemas de rociadores automáticos, agentes limpios o hidrantes interiores.

- Integración a sistemas BMS/SCADA: permite que el edificio sea monitoreado de manera centralizada y que las alarmas se comuniquen en tiempo real a estaciones remotas.

La NFPA 72 detalla los requisitos para la redundancia de alimentación eléctrica, señalización diferenciada de fallas y registros de eventos.

1.4.13. Principios de funcionamiento eléctrico e integración de detectores automáticos del sistema PCI.

El desarrollo técnico detallado de los detectores automáticos, sus principios de funcionamiento eléctrico, criterios de instalación e integración con el panel de control se presenta en el Anexo 7.2

1.4.14. Dispositivos de notificación.

1.4.14.1. Sirenas contra incendio.

Las sirenas y bocinas de alarma son cargas eléctricas de notificación conectadas a los circuitos NAC (Notification Appliance Circuits) del panel PCI. Su finalidad es transformar la señal eléctrica en una señal acústica de alta intensidad que pueda ser percibida claramente por los ocupantes.

Figura 11. Bocina de alarma contra incendio.

Enfoque eléctrico:

- Trabajan normalmente con (12 Vcc o 24 Vcc, según el sistema).
- Cada dispositivo tiene un , especificado en su ficha técnica, que se utiliza para el cálculo de la carga total del circuito NAC.
- El panel energiza el NAC únicamente cuando se declara una condición de alarma; en estado normal, el circuito permanece supervisado con una corriente muy baja o por medio de una resistencia de fin de línea.

En el diseño es fundamental:

- Verificar que la suma de las corrientes de todas las sirenas conectadas a un NAC no exceda la capacidad de salida del panel.

- Considerar la caída de tensión en el recorrido del cableado, de modo que la sirena más alejada reciba aún un voltaje suficiente para alcanzar el nivel sonoro requerido (por ejemplo ≥ 85 dB a 3 m).
- Asegurar la selectividad de los circuitos: los NAC se alimentan desde salidas protegidas con fusibles o interruptores electrónicos dedicados, separados de otros servicios.

1.4.14.2. Estrobos (luces destellantes)

Los estrobos son dispositivos de notificación visuales que convierten la energía eléctrica en destellos luminosos de alta intensidad, destinados a alertar a personas con discapacidad auditiva o en ambientes ruidosos. Se conectan igualmente a los circuitos NAC, pudiendo ser combinados con la sirena en un solo cuerpo (sirena–estroboscópica).

Figura 12. Estrobos.

Términos de diseño:

- Los estrobos suelen tener que las sirenas, por lo que impactan significativamente en el dimensionamiento del NAC y de las baterías de respaldo.
- Deben distribuirse de forma que la luz sea visible desde cualquier punto del local, incluso con obstáculos parciales, lo que puede implicar la instalación de varios dispositivos en un mismo ambiente.
- En instalaciones modernas, se implementa desde el panel o módulos específicos, para evitar efectos molestos o desorientadores en los ocupantes.

Los dispositivos de notificación del sistema de protección contra incendios se clasifican principalmente en sirenas o bocinas de alarma y estrobos luminosos, los cuales se conectan a los circuitos de notificación (NAC) del panel y actúan como cargas de corriente continua que se energizan únicamente en condición de alarma. Las sirenas transforman la energía eléctrica en señal acústica, por lo que su diseño requiere verificar

la caída de tensión y la capacidad de corriente del NAC para garantizar niveles sonoros adecuados en toda el área protegida.

Los estrobos incorporan electrónica interna que eleva la tensión y descarga la energía en forma de destellos luminosos de alta intensidad, permitiendo la notificación visual, especialmente a personas con discapacidad auditiva. Debido a su mayor consumo eléctrico, influyen de manera significativa en el cálculo de la carga total del sistema y en la autonomía de las baterías. En ambos casos, la correcta distribución de los dispositivos y el adecuado dimensionamiento eléctrico son fundamentales para asegurar que la señal de alarma sea percibida de forma efectiva en cualquier condición de ocupación.

1.4.15. Fuentes de Energía de Respaldo

Las fuentes de energía de respaldo garantizan el funcionamiento continuo del sistema PCI ante la pérdida total o parcial del suministro eléctrico principal. Desde la perspectiva de ingeniería eléctrica, estas fuentes deben ser capaces de mantener operativa toda la electrónica del panel, los lazos de detección, los circuitos de notificación y los módulos asociados, evitando que una falla de la red comprometa la capacidad de alerta del sistema.

1.4.15.1. Baterías internas del panel.

Los paneles PCI incorporan normalmente baterías selladas de plomo-ácido o, en algunos modelos más avanzados, Níquel-Cadmio (Ni-Cd).

Estas baterías cumplen tres funciones esenciales:

- Manteniendo el panel activo.
- Actuando como buffer frente a variaciones o microcortes.
- Suele exigir corrientes mayores debido al uso de sirenas y estrobos

El cargador integrado del panel mantiene las baterías a nivel óptimo mediante un proceso de carga flotante, regulado electrónicamente para evitar sobrecarga o sulfatación.

Figura 13. Bateria interna al PCC.

1.4.15.2. Autonomía mínima según NFPA

La norma NFPA 72 establece que un sistema de alarma contra incendios debe garantizar como mínimo:

- Con el panel y los lazos activos, pero sin activar dispositivos de notificación.
- Considerando el consumo máximo de sirenas, estrobos y módulos activados.

El dimensionamiento debe asegurar que, aun en condiciones extremas, el panel siga operando dentro de sus parámetros nominales.

1.4.15.3. Uso de UPS externas en proyectos de mayor envergadura.

En instalaciones de gran escala o con requisitos elevados de continuidad, se incorporan UPS (Uninterruptible Power Supply) externas. Estas UPS cumplen un rol complementario:

- Estabilizan la tensión de entradaFiltran armónicos y ruidos eléctrico.
- Mantienen el panel encendido durante cortes breves o fluctuaciones.
- Reducen el estrés sobre las baterías internas.

Figura 14. UPS.

Las fuentes de energía de respaldo garantizan la operación continua del sistema de protección contra incendios ante fallas del suministro eléctrico. El panel incorpora baterías selladas de plomo-ácido o Ni-Cd que proporcionan energía estable durante cortes prolongados, manteniendo el sistema en supervisión y permitiendo la activación de sirenas y estrobos en condición de alarma. La NFPA 72 establece una autonomía mínima de 24 horas en modo supervisión y 5 minutos en modo alarma, por lo que el dimensionamiento debe considerar el consumo total de todos los dispositivos conectados.

Las UPS externas no sustituyen a las baterías internas del panel, sino que actúan como una primera línea de defensa frente a interrupciones y perturbaciones de la red eléctrica, mejorando la continuidad y la calidad del suministro. En sistemas PCI, estas UPS deben ser de doble conversión (online) para garantizar una salida constante y eléctricamente aislada, sin comprometer el cumplimiento normativo exigido por la NFPA 72.

1.4.16. Iluminación de emergencia.

La iluminación de emergencia forma parte integral del sistema de seguridad eléctrica de un edificio, permitiendo mantener niveles mínimos de iluminación durante cortes de energía provocados por fallas eléctricas o situaciones de incendio. Aunque su operación no depende directamente del panel PCI, su presencia es esencial para garantizar rutas de evacuación visibles y seguras.

Figura 15. Iluminación de emergencia.

1.4.16.1. Principio de funcionamiento eléctrico.

Las luminarias de emergencia incorporan dos elementos principales:

a) Fuente de energía interna (baterías recargables)

Generalmente del tipo:

- Níquel-Cadmio (Ni-Cd)

- Níquel-Metal-Hidruro (Ni-MH)
- Litio (Li-ion) en modelos más modernos

Estas baterías permanecen conectadas a un cargador interno, el cual mantiene su nivel de carga mediante un régimen de carga flotante.

b) Circuito de conmutación automática

La luminaria posee un módulo electrónico que monitorea en tiempo real la presencia de tensión en la red.

Cuando detecta una interrupción o caída por debajo del umbral operativo:

- Desconecta la línea de alimentación.
- Activa la batería interna.

c) Autonomía eléctrica.

Esta autonomía depende de:

- Capacidad de la batería (Ah).
- Eficiencia del driver LED.
- Temperatura ambiente (que influye en la química de la batería.
- Degradación por ciclos de carga.

Una luminaria con diseño deficiente o batería subdimensionada no cumpliría este requisito, por lo que la selección debe basarse en datos reales de consumo eléctrico del equipo.

d) Características eléctricas relevantes

Cada luminaria presenta:

- Tensión nominal de entrada, generalmente 220–230 Vca en Paraguay.
- Consumo en modo carga, muy bajo, típicamente < 4 W.
- Consumo en modo emergencia, variable, depende de la potencia LED.
- Protección interna contra sobrecarga y descarga profunda.

e) Instalación y distribución eléctrica

En un diseño de seguridad basado en NFPA 101 y la Ordenanza 468/14:

- Las luminarias se colocan en rutas críticas de evacuación:
  - Pasillos
  - Escaleras
  - Accesos
  - Salidas de emergencia

- Deben ubicarse a alturas que garanticen dispersión de luz adecuada y no ser bloqueadas por mobiliario.
- Se alimentan desde un circuito normal, NO desde el circuito del panel PCI, porque su funcionamiento depende precisamente de que detecten la ausencia de tensión para activarse.
- Deben conectarse a tableros con protección térmica y magnética adecuada para evitar sobrecorrientes.

Las luminarias de emergencia constituyen un componente esencial del sistema eléctrico de seguridad, ya que permiten mantener niveles mínimos de iluminación durante fallas en la red o situaciones de incendio. Estos dispositivos cuentan con baterías internas recargables y un circuito de conmutación automática que transfiere la alimentación al modo de emergencia en ausencia de tensión.

La autonomía mínima requerida es de 90 minutos, conforme a estándares internacionales y normativas locales. Su distribución se realiza en rutas de evacuación, escaleras y accesos, asegurando que estas áreas permanezcan iluminadas en todo momento durante un evento de emergencia. Aunque no dependen del panel PCI, su funcionamiento complementa la evacuación segura de los ocupantes y mejora la visibilidad de los elementos de protección contra incendios

1.4.17. Señalización de salidas.

La señalización de salidas forma parte del sistema de seguridad del edificio y su función es guiar a los ocupantes hacia las rutas de evacuación durante una emergencia. Desde la perspectiva técnica, estas señales pueden clasificarse en dos grandes grupos: fotoluminiscentes y eléctricas con iluminación LED, cada una con principios de funcionamiento y criterios de instalación específicos.

Figura 16. Señalizacion de salidas.

1.4.17.1. Señales Eléctricas con LED

Las señales iluminadas mediante tecnología LED son las más utilizadas en edificaciones modernas debido a su:

Características técnicas principales:

- Bajo consumo energético.
- Larga vida útil.
- Alta eficiencia en condiciones de humo o baja visibilidad.
- Capacidad para integrarse con sistemas de emergencia eléctricos.

En escenarios de incendio, el humo reduce la transmisión de luz, por lo que los módulos LED están diseñados para emitir un brillo focalizado que atraviesa mejor el ambiente degradado que una fuente luminosa convencional.

1.4.17.2. Reglas de Instalación en Rutas de Evacuación

La correcta ubicación de la señalización es un aspecto crítico del diseño. Conforme a criterios de NFPA 101, Ordenanza 468/14 y guías de seguridad humana:

- Deben instalarse **.**
- En descansos y cambios de nivel.
- En de pasillos.
- En puntos donde el trayecto de salida pueda generar confusión.

El objetivo es garantizar que, incluso en condiciones de humo, interrupción de energía o baja visibilidad, los ocupantes puedan identificar inmediatamente la dirección de evacuación.

Para el diseño eléctrico, es importante que las señales LED:

- Estén conectadas a un circuito independiente de emergencia.
- Mantengan mínima requerida.
- Cuenten con protección adecuada contra sobrecargas y fallas a tierra.
- Se ubiquen de forma que ninguna luminaria o estructura genere sombras que dificulten su visualización.

La señalización de salidas es un componente esencial del sistema de seguridad del edificio. Las señales fotoluminiscentes funcionan mediante materiales capaces de almacenar energía lumínica y emitirla en ausencia de iluminación, actuando como un respaldo pasivo durante fallas eléctricas. Por su parte, las señales eléctricas con LED se alimentan desde un circuito de emergencia y mantienen su visibilidad aun en condiciones de humo o baja iluminación, gracias a su alta eficiencia luminosa y bajo consumo.

Estas señales deben ubicarse sobre puertas de salida, escaleras y giros en rutas de evacuación, garantizando que la dirección de escape sea claramente reconocible por los ocupantes durante una emergencia.

2. METODOLOGÍA.

2.1. Descripción del trabajo

El presente proyecto aborda el diseño integral del sistema de detección y alarma contra incendios para los distintos bloques del campus universitario, con el objetivo de asegurar la detección temprana del fuego y la evacuación segura de los ocupantes. El desarrollo se realiza desde un enfoque de ingeniería eléctrica, considerando el funcionamiento electrónico del sistema, así como los criterios de cableado, alimentación, supervisión, autonomía y respuesta de los dispositivos. La metodología integra análisis documental y normativo, relevamiento de campo, selección tecnológica, cálculos eléctricos y elaboración de planos y documentación técnica, garantizando un diseño seguro y conforme a la normativa vigente.

Las técnicas de recolección de datos que se aplicarán incluyen:

Revisión Bibliográfica: La primera fase metodológica consistió en una revisión exhaustiva de normas, códigos y documentos técnicos que establecen los requisitos mínimos de seguridad, desempeño y confiabilidad de los sistemas de detección de incendios. Las principales referencias se observan en el ANEXO 7.1

2.2. Relevamiento de campo y análisis arquitectónico.

El relevamiento técnico del campus incluyó:

- Medición de dimensiones interiores, alturas, geometrías y compartimentaciones.

- Análisis de materiales predominantes y posibles fuentes de riesgo.
- Identificación de rutas de evacuación, escaleras y puntos críticos.
- Verificación de tableros eléctricos existentes, canalizaciones y espacios disponibles para cableado.
- Estudio de condiciones ambientales (polvo, humedad, ventilación), determinantes para seleccionar el tipo de detector adecuado.

Este relevamiento permitió definir la zonificación PCI y determinar las áreas que requerirán detectores específicos, estaciones manuales y dispositivos de notificación sonora y visual.

2.3. Análisis de Riesgos y Zonificación del Sistema.

Con base en la NP 2 028 96 y NFPA 101, se procedió a clasificar los ambientes del campus de acuerdo con:

- Nivel de riesgo de incendio.
- Tipo de actividad desarrollada.
- Ocupación y carga combustible.
- Continuidad de circulación de estudiantes y docentes.

Este análisis permitió:

- Determinar el adecuado (fotoeléctrico, térmico, de aspiración, etc.)
- Definir la de estaciones manuales.
- Seleccionar según necesidades de evacuación.
- Establecer las rutas principales y secundarias del cableado eléctrico.

2.4. Selección de Equipos y Diseño del Sistema Eléctrico

En esta etapa se seleccionaron los dispositivos del sistema PCI considerando criterios como:

- Consumo eléctrico.
- Compatibilidad con el panel.
- Capacidad de supervisión.
- Facilidad de instalación.
- Confiabilidad y durabilidad.

- Disponibilidad en el mercado nacional.

La selección incluyó:

- Panel direccionable.
- Detectores automáticos.
- Estaciones manuales.
- Módulos de monitoreo y control.
- Sirenas, estrobos y señalización.
- Luminarias de emergencia.
- Baterías internas y UPS complementaria.

2.5. Cálculos Eléctricos del Sistema

Los cálculos incluyeron:

- Caída de tensión en lazos y circuitos NAC.
- Corriente total en modo supervisión y modo alarma.
- Capacidad de baterías para garantizar autonomía mínima según NFPA 72 (24 h supervisión + 5 min alarma).
- Distribución equilibrada de dispositivos por loop.
- Verificación de longitud máxima permitida en conductores.

2.6. Generación de Planos y Documentación Técnica

Se elaboraron:

- Planos de ubicación de dispositivos.
- Diagramas unifilares y risers.
- Especificaciones de montaje.
- Cuadros de cargas y memorias eléctricas.
- Recomendaciones de pruebas, mantenimiento y operación.

2.7. Validación Técnica del Diseño

Se desarrolló una instancia de validación que incluyó:

- Verificación del cumplimiento normativo (NFPA, NP 2 028 96, Ordenanza 468/14).
- Análisis de cobertura y rendimiento del sistema.
- Revisión de cálculos eléctricos.
- Aseguramiento de mantenibilidad, accesibilidad y escalabilidad.

3. INGENIERÍA DE DISEÑO.

3.1. Enfoque general del diseño.

El diseño del sistema integral de protección contra incendios de la Facultad de Ciencias y Tecnologías – UNCA se desarrolla a partir de la integración de criterios eléctricos, normativos y operativos, en cumplimiento de la Norma Paraguaya NP 2 028 96, las normas NFPA 70, NFPA 72 y NFPA 101, y las ordenanzas municipales vigentes. El sistema se estructura en tres subsistemas principales: detección y alarma de incendios, iluminación de emergencia y señalización de salidas, los cuales son considerados servicios esenciales y dependen de una alimentación eléctrica confiable, selectiva y con respaldo.

Para el sistema de detección y alarma se selecciona un panel direccionable inteligente, adecuado a la superficie construida del campus y a la necesidad de identificación precisa de eventos, supervisión de fallas y comunicación bidireccional. La estrategia de detección contempla detectores de humo fotoeléctricos en áreas administrativas, aulas y circulaciones, y detectores de calor en ambientes con vapores o partículas, conforme a los criterios de la NFPA 72. Las estaciones manuales y los dispositivos de notificación audible y visual se disponen según distancias normativas, niveles mínimos de presión sonora y requerimientos de visibilidad, garantizando una activación eficaz del sistema en todo el edificio.

El sistema de iluminación de emergencia se diseña para asegurar niveles mínimos de iluminación en rutas de evacuación, escaleras y salidas ante la falla del suministro normal, utilizando luminarias autónomas con respaldo propio y circuitos dedicados, en concordancia con NFPA 101, la Ordenanza 468/14 y la NP 2 028 96. De manera complementaria, la señalización de salidas se integra mediante carteles luminosos y elementos fotoluminiscentes, estratégicamente ubicados para garantizar orientación continua durante la evacuación.

El diseño eléctrico integral del sistema PCI incluye el análisis de cargas, el dimensionamiento de conductores, protecciones y caídas de tensión para cada bloque del campus, así como el cálculo de la energía de respaldo requerida mediante baterías internas y UPS para los servicios críticos. La ubicación del panel central de alarmas se

define en un área de acceso controlado, con alimentación desde un circuito exclusivo del tablero de servicios esenciales y respaldo autónomo, asegurando la operación continua del sistema ante fallas del suministro principal.

El desarrollo detallado del análisis arquitectónico, la clasificación de riesgo, la selección y ubicación de dispositivos, los cálculos eléctricos, los esquemas unifilares, los planos de evacuación y el presupuesto de ejecución del proyecto técnico se presentan en los anexos correspondientes, que complementan y respaldan el diseño propuesto.

El desarrollo completo de los cálculos eléctricos, la distribución de dispositivos, los planos de evacuación, los esquemas unifilares y el presupuesto del sistema PCI se incluyen en ANEXO 7.2.

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

El desarrollo del presente proyecto permitió obtener resultados concretos a partir de la aplicación de criterios normativos y técnicos en el diseño del sistema de protección contra incendios para la Facultad de Ciencias y Tecnologías de la UNCA, sede Coronel Oviedo. Los cálculos efectuados, la selección de equipos y la distribución de dispositivos evidencian que el sistema propuesto cumple con los requerimientos de seguridad eléctrica y protección humana exigidos por la NP 2 028 96, la NFPA 72, la NFPA 70, la NFPA 101 y las ordenanzas municipales vigentes.

Los resultados del dimensionamiento demostraron que la cantidad de detectores automáticos seleccionados garantiza una cobertura efectiva de todas las áreas protegidas, respetando los criterios de espaciamiento, superficie máxima por detector y características ambientales de cada sector. La combinación de detectores de humo fotoeléctricos en áreas limpias y detectores térmicos en sectores con vapor o partículas permitió optimizar la confiabilidad del sistema y reducir el riesgo de falsas alarmas.

El análisis eléctrico de los circuitos de detección y notificación confirmó que las secciones de conductores seleccionadas cumplen simultáneamente con los límites admisibles de caída de tensión y con la capacidad térmica requerida, garantizando un funcionamiento estable incluso en condición de alarma. Asimismo, la distribución de cargas por lazos permitió mantener la selectividad operativa del sistema, evitando sobrecargas y asegurando la continuidad del servicio.

En cuanto a la energía de respaldo, el cálculo de las baterías internas del panel central evidenció que la autonomía obtenida satisface el requisito mínimo de 24 horas en estado de supervisión y 5 minutos en condición de alarma, conforme a lo establecido por la NFPA 72. Esto asegura que el sistema continuará operativo aun ante interrupciones prolongadas del suministro eléctrico.

El diseño del sistema de iluminación de emergencia permitió establecer niveles adecuados de iluminación en pasillos, escaleras y rutas de evacuación, garantizando una autonomía mínima de 90 minutos. El análisis de la señalización de salidas demostró que la distribución y orientación de los carteles permiten una identificación clara de las rutas de escape desde cualquier punto del edificio, incluso bajo condiciones de baja visibilidad.

Desde una visión integral, los resultados obtenidos confirman que el sistema propuesto no solo cumple con los requisitos normativos, sino que mejora sustancialmente el nivel de seguridad existente en la edificación, reduciendo el riesgo de pérdida de vidas humanas, daños materiales y fallas operativas durante una emergencia.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

El desarrollo del presente trabajo permitió diseñar un sistema integral de detección de incendios, iluminación de emergencia y señalización de salidas para la Facultad de Ciencias y Tecnologías – UNCA, conforme a las normas nacionales e internacionales aplicables. Se logró demostrar que la ingeniería eléctrica desempeña un rol fundamental en la confiabilidad y efectividad de los sistemas de protección contra incendios.

El análisis evidenció que la ausencia de un sistema PCI representa un riesgo significativo para la seguridad de los ocupantes y para la protección del patrimonio institucional. Con el diseño propuesto, se garantiza una detección temprana del incendio, una alerta oportuna mediante dispositivos de notificación sonora y visual, y una evacuación segura mediante iluminación y señalización de emergencia adecuadamente distribuidas.

Se comprobó que el correcto dimensionamiento de los circuitos eléctricos, el cálculo de caída de tensión, la selección de conductores, la capacidad de corriente de los lazos y la autonomía de las baterías son factores determinantes para asegurar la continuidad operativa del sistema en condiciones críticas. Asimismo, el uso de un panel direccionable permite una localización precisa de los eventos, optimizando la respuesta ante emergencias.

Finalmente, el trabajo confirma que la aplicación integrada de la NP 2 028 96, las normas NFPA y las ordenanzas municipales permite elevar sustancialmente el nivel de seguridad en edificaciones educativas, alineando a la institución con estándares internacionales de protección contra incendios.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda a la institución la implementación efectiva del sistema de protección contra incendios propuesto, respetando fielmente el diseño, los materiales especificados y los criterios de instalación detallados en la documentación técnica.

Es altamente recomendable establecer un programa periódico de mantenimiento, pruebas y verificación del sistema PCI, conforme a lo indicado en la NFPA 72, asegurando que todos los dispositivos funcionen correctamente durante la vida útil del sistema.

Se sugiere capacitar al personal docente, administrativo y de seguridad en el uso básico del sistema, procedimientos de evacuación y respuesta ante emergencias, fortaleciendo la cultura de prevención dentro de la institución.

Para futuras ampliaciones edilicias del campus, se recomienda integrar el sistema PCI desde la etapa de proyecto arquitectónico, asegurando compatibilidad técnica, escalabilidad y continuidad de la protección.

Finalmente, se aconseja la actualización periódica del sistema conforme a nuevas versiones normativas y avances tecnológicos, garantizando que la institución mantenga un nivel de seguridad acorde a los estándares actuales.

6. Bibliografía

[1] "Detector termovelocimétrico - Fonoluz," 2023. [Online]. Available: https://fonoluz.com.py/producto/sensor-termovelocimetrico/.

[2] "Detector termovelocimétrico - SensorView," 2023. [Online]. Available: https://sensorview.com.py/producto/detector-termovelocimetrico-de-2-hilos/.

[3] "NFPA 101 - Código de Seguridad Humana," 2023. [Online]. Available: https://www.nfpa.org/es/for-professionals/codes-and-standards/list-of-codes-and-standards/free-access.

[4] "NFPA 72 - Código Nacional de Alarmas de Incendio y Señalización," 2023. [Online]. Available: https://www.comulsa.com/blog/norma-nfpa-72-codigo-nacional-de-alarmas-de-incendio-y-senalizacion.

[5] "NFPA Codes and Standards," 2023. [Online]. Available: https://www.nfpa.org/es.

[6] "Ordenanza Municipal 468/14 - Asunción," 2014. [Online]. Available: https://www.asuncion.gov.py/wp-content/uploads/2019/06/ord-2014-468.pdf.

[7] "Ordenanza Municipal Nº 28/2002 - Coronel Oviedo," 2002. [Online]. Available: https://informacionpublica.paraguay.gov.py/public/10391742-OrdenanzaN28pdf-OrdenanzaN28.pdf.

[8] "PCI Security Standards," 2023. [Online]. Available: https://www.pcisecuritystandards.org/minisite/es-es/.

[9] "Productos - Kidde detectores de humo," 2023. [Online]. Available: https://www.kidde.com/products/smoke-alarms.

[10] "Reglamento de Baja Tensión - ANDE," 2023. [Online]. Available: https://www.ande.gov.py/documentos/Reglamentos_de_la_ande/Reglamento%20de%20Baja%20Tension%20ANDE.pdf.

[11] "Reglamento específico de certificación por marca - INTN," 2025. [Online]. Available: https://intn.gov.py/.

7. ANEXO

7.1. NORMATIVA CONSULTADA

- NFPA 72 – National Fire Alarm and Signaling Code.
  Norma internacional que regula diseño, ubicación, sensibilidad, cableado, supervisión, señalización, pruebas, mantenimiento, autonomía y operación de sistemas PCI. Constituye la base principal del proyecto.
- NFPA 70 – National Electrical Code (NEC)
  Se emplea para establecer los criterios de instalación eléctrica de baja tensión, dimensionamiento de conductores, protección de circuitos, canalizaciones, puesta a tierra y limitaciones de caída de tensión.
- NFPA 101 – Life Safety Code
  Aporta criterios de seguridad humana, clasificación de ocupaciones, ancho y capacidad de rutas de evacuación, y requerimientos que afectan directamente la ubicación de dispositivos de notificación y señalización.
- Ordenanza Municipal 468/14 (Asunción – Paraguay)
  Establece los requisitos locales para sistemas PCI, incluyendo criterios de diseño, cobertura mínima, instalación, inspección, señalización, elementos de protección activa y pasiva, y exigencias para edificaciones educativas y públicas.
- Ordenanza Municipal 468/14 (Asunción – Paraguay)
  Norma esencial para el marco regulatorio nacional. Su incorporación en la metodología garantiza la conformidad del diseño con los parámetros exigidos en Paraguay. La NP 2 028 96 define:
  - niveles de riesgo en edificaciones.
  - requerimientos mínimos de detección y alarma.
  - condiciones de evacuación y recorridos.
  - especificaciones constructivas para prevención.
  - criterios generales para instalaciones de seguridad.

7.2. Detectores automáticos.

7.2.1.1. Detectores de humo

- Fotoeléctricos: sensibles a partículas de humo visibles mediante dispersión de luz. Muy efectivos en incendios de combustión lenta.

- De aspiración: sistemas de alta sensibilidad que succionan aire a través de tuberías y analizan partículas en cámaras láser. Se aplican en centros de cómputo, laboratorios y archivos.

Figura 8. Detector de humo.

El detector automático de humo es un dispositivo electrónico diseñado para identificar de manera temprana la presencia de partículas emitidas durante la combustión. Desde el punto de vista eléctrico, el detector forma parte activa del circuito de supervisión del sistema PCI, ya sea en topologías convencionales o direccionables, y funciona como una carga controlada que modifica sus parámetros eléctricos cuando detecta una condición anómala.

7.2.1.2. Alimentación y Electrónica interna

El detector opera típicamente con corriente continua, suministrada por el panel de alarma. Esta alimentación es estable y de bajo consumo, y se utiliza para energizar:

- La cámara de detección.
- Los circuitos electrónicos de procesamiento.
- El módulo de supervisión.
- El indicador LED de estado.

Dentro del detector, un regulador interno estabiliza la tensión recibida, protegiendo a la electrónica sensible de variaciones en la línea.

7.2.1.3. Detectores de calor

Los detectores de calor son dispositivos diseñados para identificar incrementos anormales de temperatura en un ambiente. Desde el punto de vista eléctrico, funcionan como elementos supervisados dentro del circuito del sistema PCI. Aunque no analizan humo, estos detectores incorporan un mecanismo térmico que, al alcanzar una condición específica, altera su comportamiento eléctrico y provoca que el panel interprete un estado de alarma.

7.2.1.4. Detectores de Temperatura Fija (Termostáticos)

Los detectores de temperatura fija incorporan un elemento bimetálico, un termistor o un fusible térmico calibrado que, en condiciones normales, mantiene el circuito en estado de supervisión. Cuando la temperatura ambiente supera el umbral establecido, generalmente entre 54 y 74 °C, el elemento térmico modifica sus propiedades físicas, alterando la resistencia interna o la continuidad del circuito. Desde el punto de vista eléctrico, estos dispositivos funcionan como interruptores térmicos, cuyo cambio de estado depende exclusivamente de la temperatura, sin requerir procesamiento electrónico complejo, permitiendo al panel identificar la condición de alarma de manera directa y confiable.

7.2.1.5. Detectores de Tasa de Aumento – Termovelocimétricos.

Los detectores termovelocimétricos responden a incrementos bruscos de temperatura, comparando la temperatura instantánea con la velocidad de variación térmica, y activan la alarma cuando dicho incremento es excesivamente rápido, aun sin alcanzarse el umbral absoluto de disparo. Desde el punto de vista eléctrico, incorporan componentes sensibles como termistores NTC o PTC que generan variaciones de voltaje o resistencia ante cambios térmicos, interpretadas por el panel como condición de alarma.

Los detectores de calor se emplean preferentemente en ambientes con presencia de vapores, polvo en suspensión o aerosoles que podrían provocar falsas alarmas en detectores de humo, como talleres, cocinas, cuartos de máquinas y plantas industriales. En términos eléctricos, estos dispositivos actúan como elementos supervisados que modifican su impedancia o estado lógico al activarse, permitiendo al panel el reconocimiento inmediato de la alarma y asegurando una operación confiable en condiciones ambientales adversas.

Figura 9. Detector termovelocimétrico.

7.2.1.6. Acciones Manuales (Pull Stations)

Las estaciones manuales son dispositivos de activación directa que permiten a cualquier ocupante generar una condición de alarma mediante una acción mecánica simple. Desde el punto de vista eléctrico, estas estaciones funcionan como interruptores especializados que modifican el estado del circuito de detección cuando son accionadas.

Figura 10. Pulsador manual de alarma.

7.2.1.7. Principio de funcionamiento eléctrico.

Las estaciones manuales de alarma incorporan un mecanismo interno de conmutación que permanece en estado normal mientras el dispositivo no es accionado. Al presionar o tirar del elemento de activación, dicho mecanismo cambia de posición y genera una variación eléctrica en el lazo de detección.

En sistemas convencionales, la estación se comporta como un contacto eléctrico normalmente cerrado o normalmente abierto, según diseño— que, al activarse, altera la impedancia de la zona o produce una discontinuidad controlada, interpretada por el panel como condición de alarma.

En sistemas direccionables, la estación integra un módulo electrónico con dirección única, similar al de un detector automático. En este caso, el panel recibe un mensaje digital que indica la identificación del dispositivo, su estado de activación y la supervisión del cableado, permitiendo no solo la generación de la alarma, sino también la localización exacta del punto de activación dentro del edificio.

7.2.1.8. Integración eléctrica con el panel PCI

Las estaciones manuales se conectan en el mismo circuito que los detectores automáticos, pero están diseñadas para generar una alarma inequívoca y prioritaria.
En el circuito eléctrico.

- No dependen de sensores ópticos o térmicos.

- Producen un cambio de estado fijo y sostenido que evita ambigüedad en la señal.
- Permiten una activación rápida incluso si la condición de incendio no ha sido detectada automáticamente aún.

Este comportamiento eléctrico es fundamental para la evacuación temprana y la activación de dispositivos de notificación (sirenas y estrobos).

7.2.1.9. Consideraciones de instalación eléctrica.

Desde la ingeniería PCI, una instalación correcta debe contemplar:

- Altura entre 1,20 y 1,40 m para accesibilidad.
- Ubicación en rutas de evacuación, pasillos y salidas.
- Canalizaciones protegidas para evitar daños mecánicos o interferencias eléctricas.
- Identificación clara para el personal y ocupantes.
- Conexión en la zona o sistema correspondiente sin exceder la caída de tensión permitida.

El diseño debe permitir que la estación sea visible, accesible y eléctricamente confiable incluso durante fallas de otros dispositivos.

7.3. Determinación de área a proteger

Figura 17. Planta principal bloque administrativo.

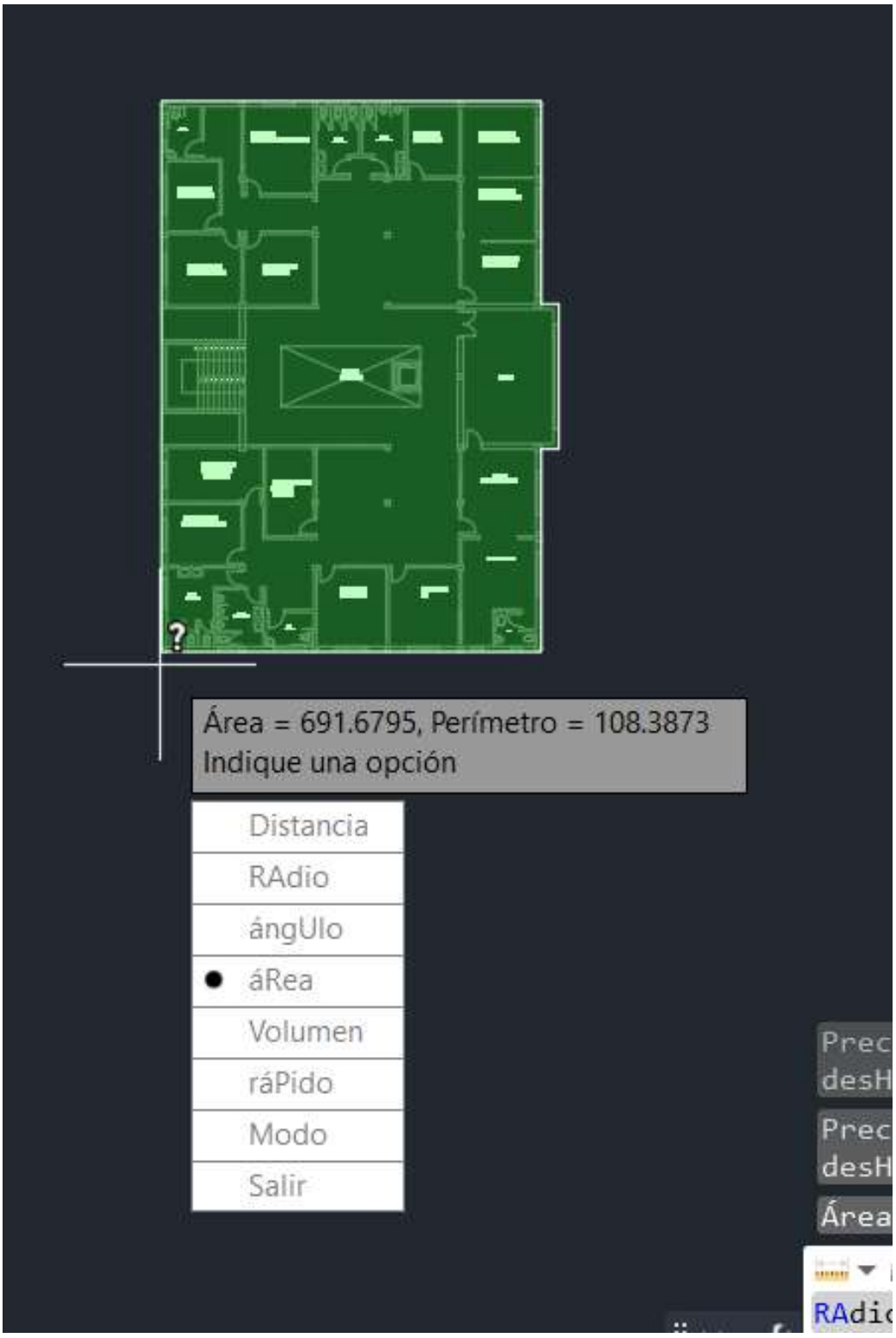


Figura 18. Calculo de área.

Superficie cubierta a proteger: 691.68 m2

7.1. ANALISIS MACRO COBERTURA Y CÁLCULO DE CANTIDAD (NFPA 72)

Para el análisis macro se procede de la siguiente manera:

- Se determina el área útil de oficinas y pasillos, por ejemplo, si el nivel tiene aprox. 600–700 m² de área interior, excluyendo patios abiertos.
  Se subdividen las zonas em recintos y tramos de pasillos:
- Cada oficina individual (10–20 m²) → 1 detector;
- Salas mayores (estar, salas de reuniones) → se calcula N = Área / 81 m² y se redondea hacia arriba;
- Pasillos largos, se considera el espaciado lineal (≈ 9 m) más la distancia mínima a paredes (≈ 0,5 m).

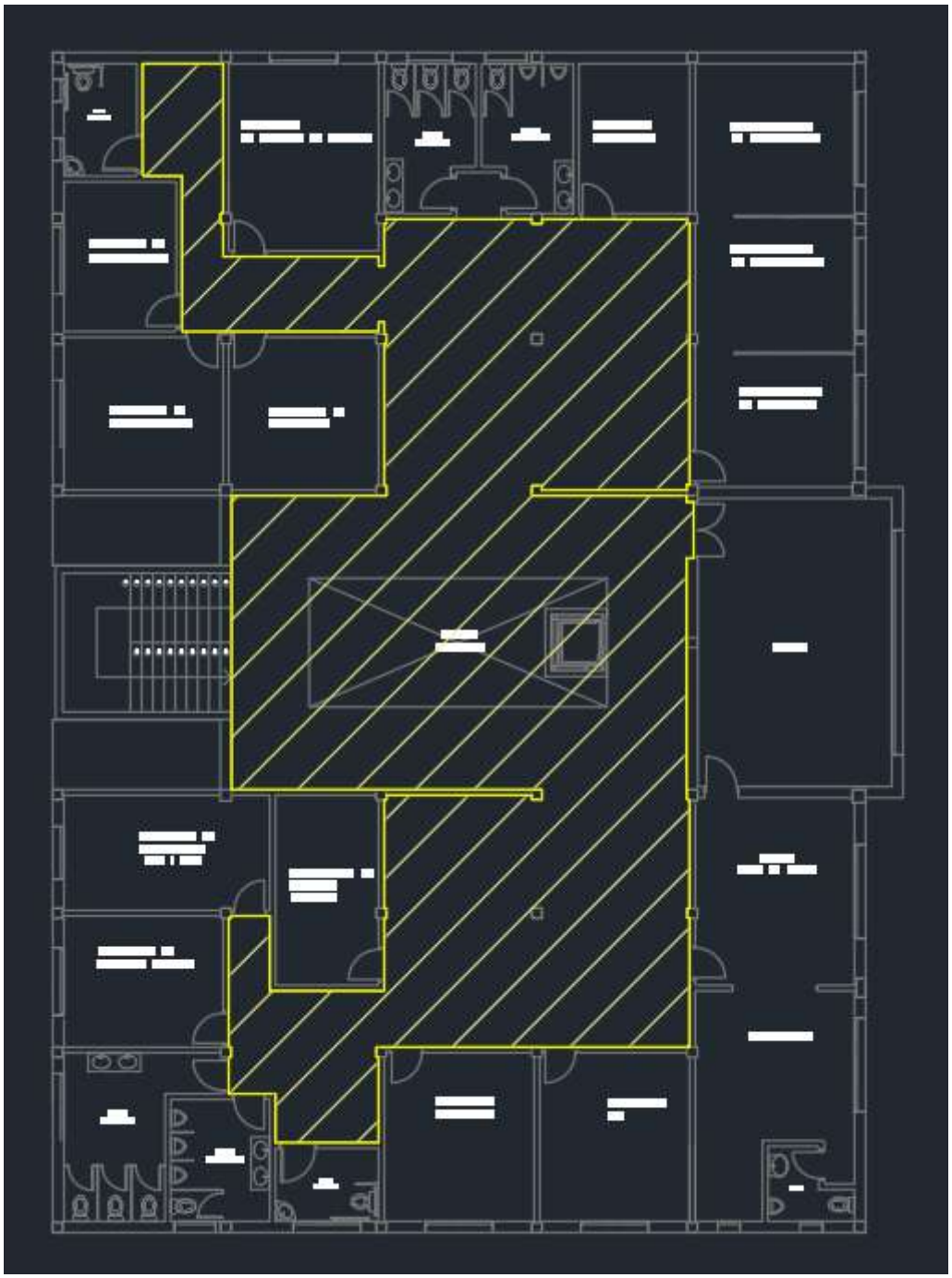


Figura 19. Calculo de área, circulación.

Área señalada: 247m2

Según cálculo de cantidades y basado en la superficie de cobertura de cada dispositivo, la cantidad de dispositivos se calcula de la siguiente manera:

$$Cantidad\ de\ dispositivos = \frac{Superficie\ a\ cubrir\ (m2)}{Superficie\ de\ cobertrua\ de\ cada\ dispotivo\ (m2)}$$

Por lo tanto

$$Cantidad\ de\ dispositivos = \frac{247(m2)}{81\ (m2)}$$

$$Cantidad\ de\ dispositivos = 3.0493$$

Según criterio matemático de dimensionamiento de cantidades, tenemos como resultado, 4 (cuatro) unidades de detectores automáticos de Humo/Calor. Llevando esto a la verificación de aplicación según geometría de la planta en estudio, se obtiene lo siguiente:

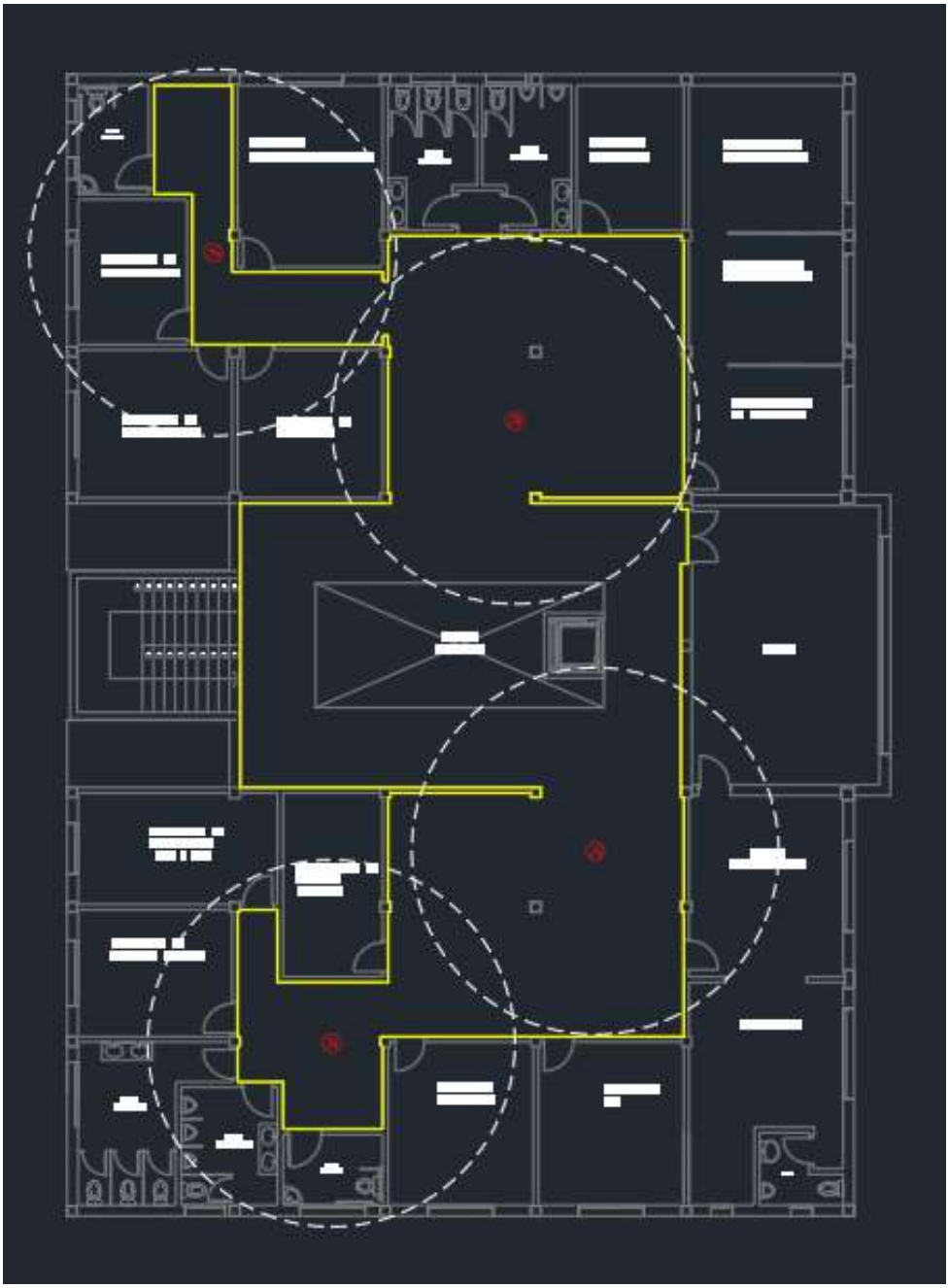


Figura 20. Proyeccion cobertura detectores.

Dada a cantidad resultante según calculo, y llevado a la situación real del sector a cubrir, resulta insuficiente, teniendo como parámetro la superficie de cobertura de los dispositivos, se opta y recomienda la colocación de 2 dispositivos mas a fin de no generar superficies no cubiertas dentro del recinto estudiado.

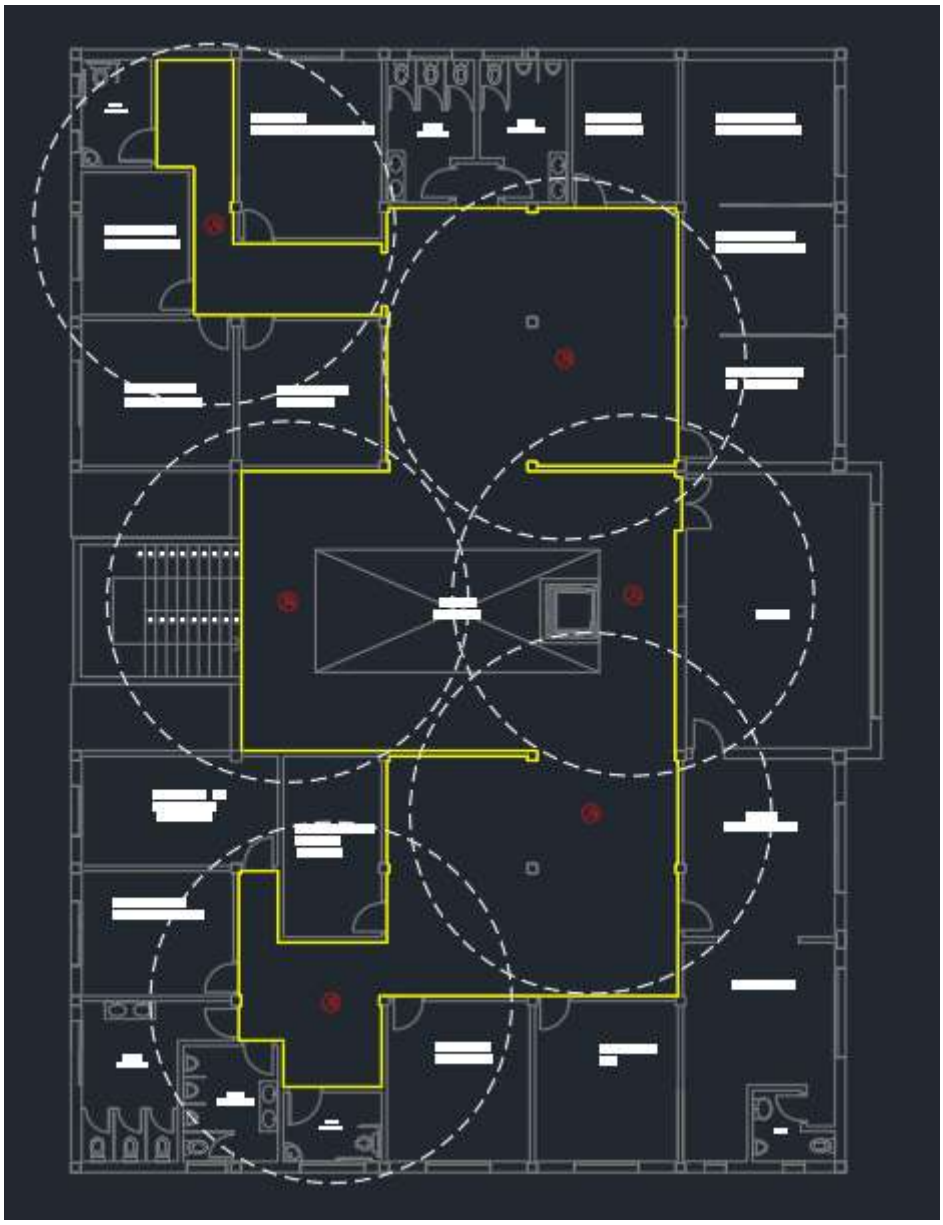


Figura 20. Proyeccion cobertura total detectores.

La presencia de vigas estructurales en el nivel analizado genera compartimentaciones parciales en el techo que afectan la libre circulación del humo durante las primeras fases de un incendio.

En este contexto, se adopta el criterio de instalar detectores automáticos en cada ambiente del plano, garantizando una detección directa en el punto de origen del evento.

La NFPA 72 establece que cuando existen obstrucciones estructurales significativas en el techo, cada compartimiento formado por vigas debe considerarse como un recinto independiente a efectos de la detección, invalidando el espaciamiento convencional de detectores.

Asimismo, la Ordenanza 468/14 y la Norma Paraguaya NP 2 028 96 exigen una cobertura total y efectiva de todos los ambientes, lo cual refuerza la necesidad de adaptar la distribución de detectores a la configuración real de la estructura.

Por ende, se recomienda la distribución de los dispositivos en cada ambiente de la siguiente manera, considerando los ambientes de: dirección de planificación, dirección de extensión, y dirección de investigación:

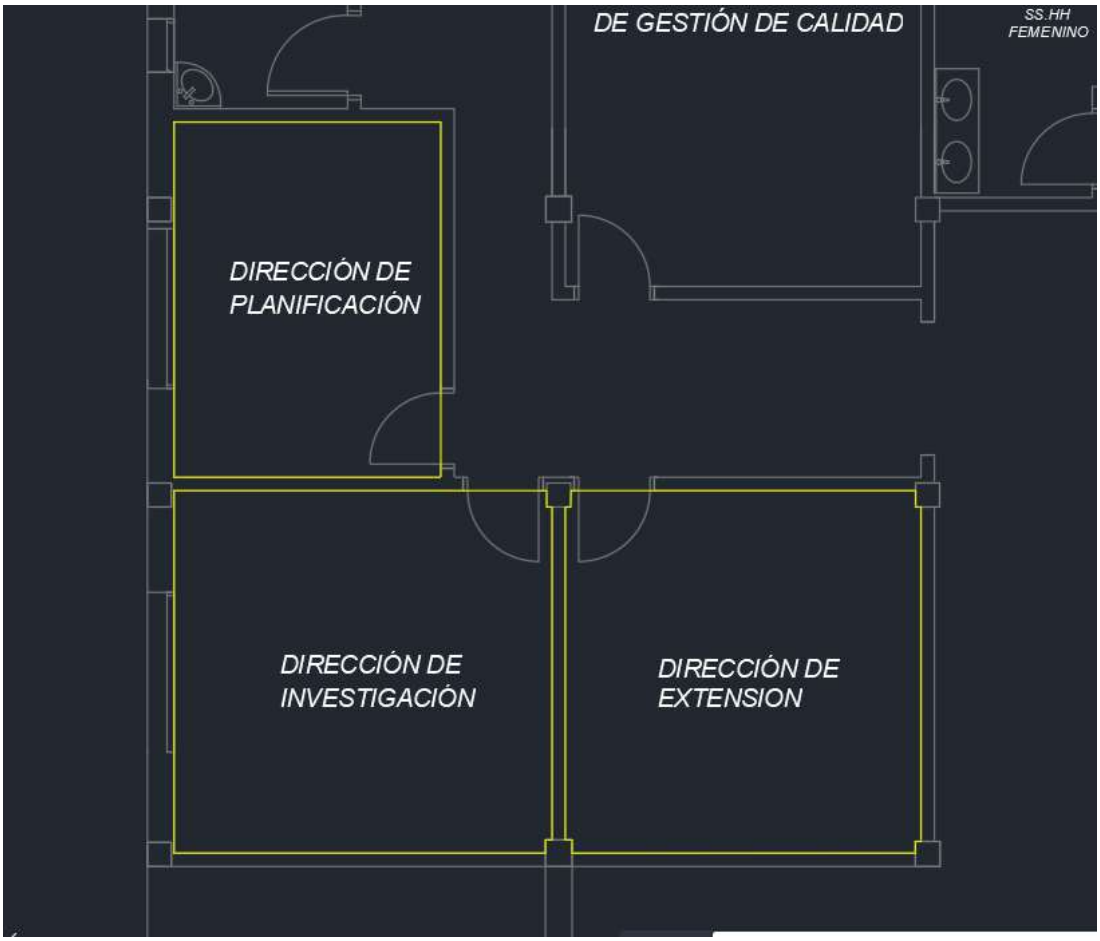


Figura 21. Proyeccion superfícies em ambientes cerrados.

Se obtiene que la cobertura de cada detector es excesiva, pero aun así se opta por la colocación de uno por ambiente dado que las mamposterías y/o vigas laterales existentes representan obstáculos que podrían comprometer la superficie a proteger dentro de cada ambiente:

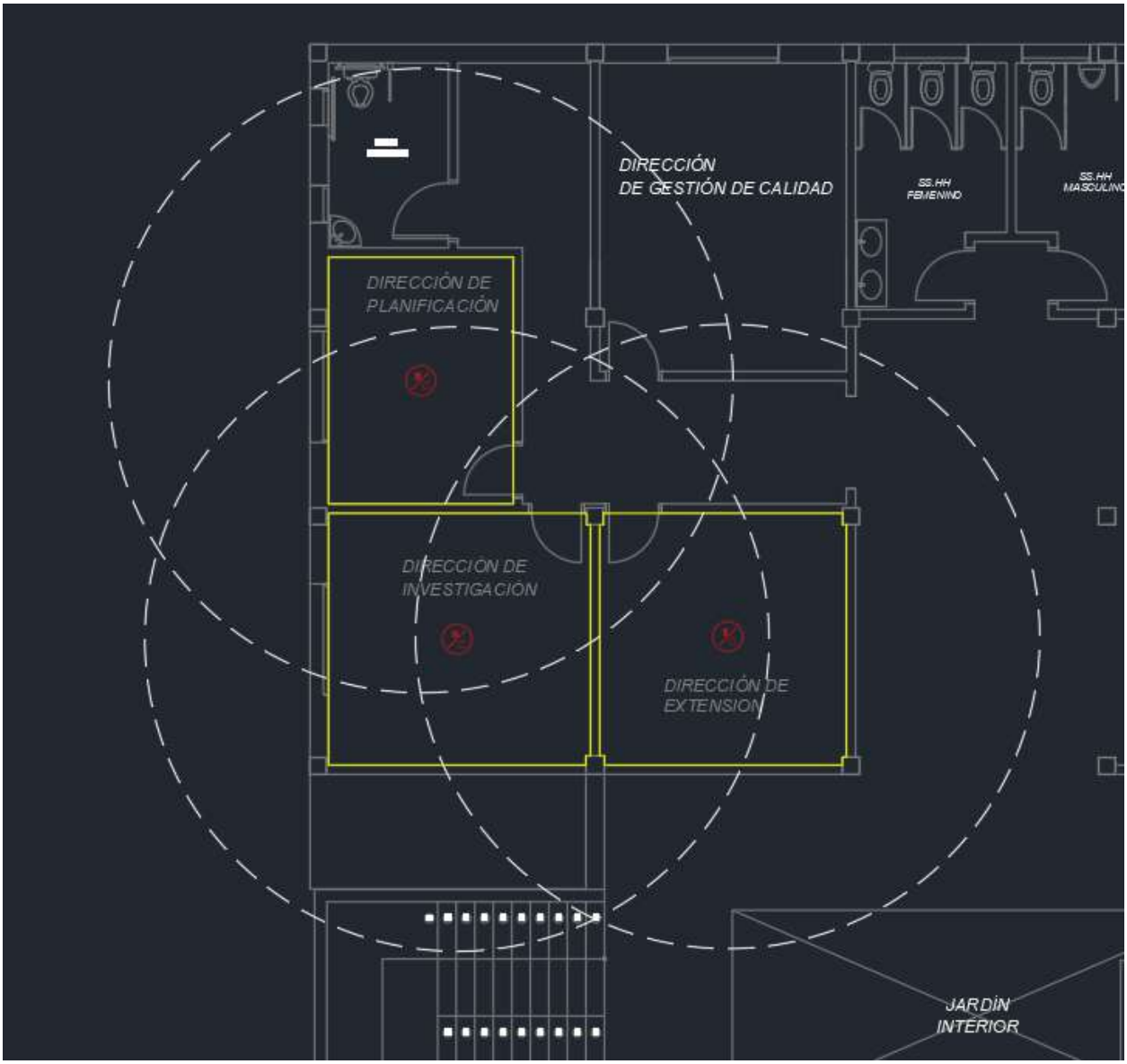


Figura 22. Proyeccion cobertura detectores puntuales.

Dando como resultado la siguiente distribución dentro del análisis por ambiente.

La proyección de cobertura final de este nivel quedaría de la siguiente manera:

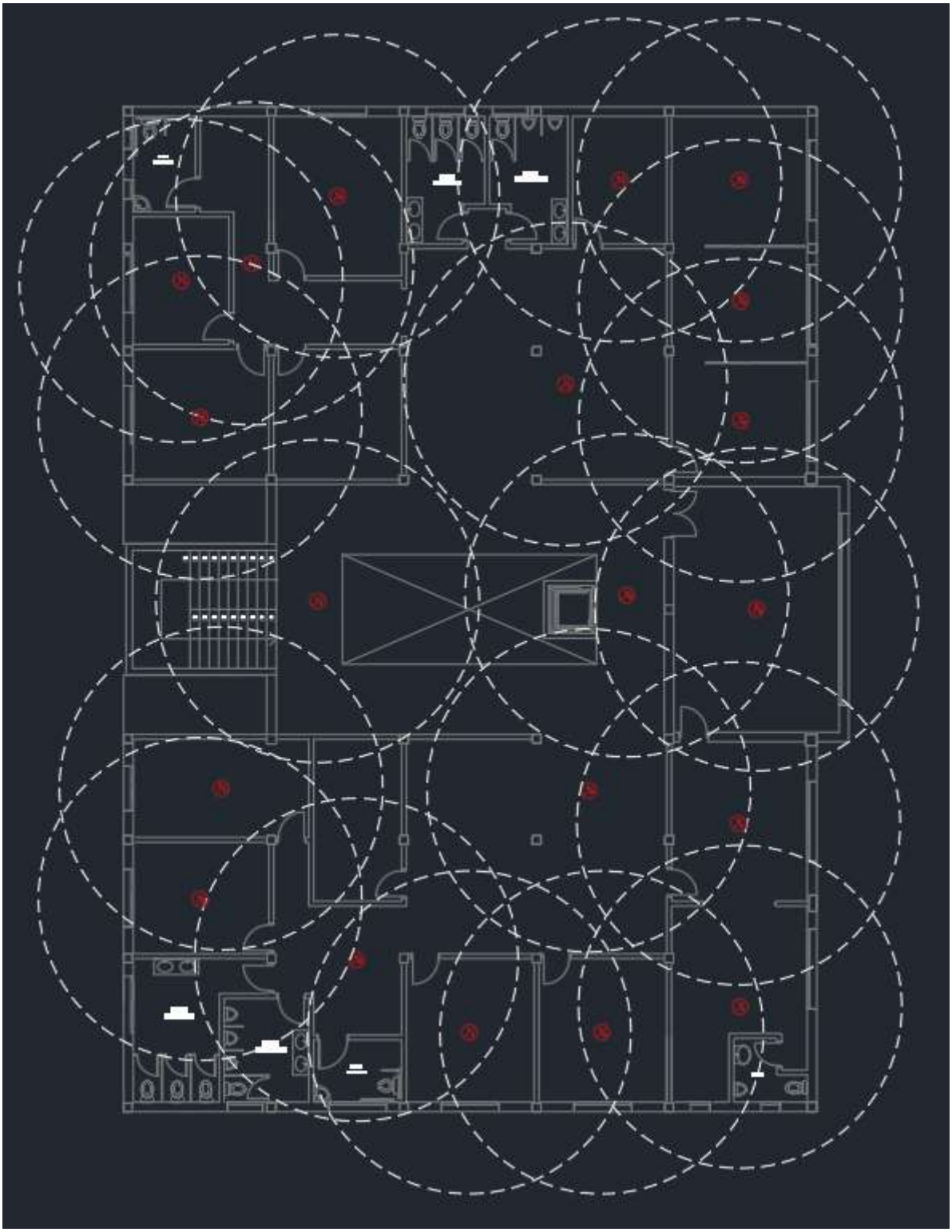


Figura 23. Detectores humo/calor.

7.2. DISEÑO TÉCNICO DEL SISTEMA PCI.

El diseño del sistema integral de protección contra incendios de la Facultad de Ciencias y Tecnologías – UNCA se fundamenta en la integración de criterios eléctricos, normativos y operativos, de acuerdo con:

- NP 2 028 96 – Instalaciones Eléctricas de Baja Tensión (INTN)
- NFPA 72 – Sistemas de Detección y Alarma
- NFPA 101 – Seguridad Humana
- NFPA 70 – NEC (seguridad eléctrica)
- Ordenanza Municipal 468/14
- Ordenanza N° 28/2002

El diseño se centra en tres subsistemas:

- Sistema de detección y alarma de incendios (PCC + detectores + notificación).
- Sistema de iluminación de emergencia.
- Sistema de señalización de salidas y orientación de evacuación.

Cada uno de ellos depende de una alimentación eléctrica confiable, selectiva y con respaldo, tal como exige la NP 2 028 96 para servicios esenciales.

7.3. Diseño del Sistema de Detección y Alarma Contra Incendios

7.3.1. Selección del tipo de Panel

Conforme a lo establecido en el anteproyecto se selecciona un panel direccionable inteligente, debido a:

- Alta superficie construida del campus.
- Necesidad de identificar la ubicación exacta del evento.
- Requerimientos de supervisión de fallas, suciedad de detectores y comunicación bidireccional.

Según NP 2 028 96

- El panel forma parte de los servicios de seguridad, por lo que debe estar alimentado desde un circuito exclusivo, protegido y diferenciado.
- El tablero debe incluir protección contra sobrecorrientes, selectividad, y conexión al sistema de puesta a tierra del edificio.

7.3.2. Ubicación estratégica de detectores.

Detectores de humo.

- Aulas, oficinas, pasillos, biblioteca, laboratorios limpios.
- Spacing: máx. 9 m entre detectores, área máxima 81 m².

Detectores de calor

- Talleres, cocina, sala de mantenimiento, depósitos con partículas o vapores.
- La selección depende de la incidencia electromagnética del área y de condiciones térmicas que puedan afectar los sensores electrónicos.
- Alimentación supervisada en 24 Vcc proveniente del panel.

7.3.3. Dispositivos de Notificación (Sirenas, Estrobos, Voceo)

- Sirenas ≥ 85 dB a 3 m.
- Estrobos: 15–110 cd según ocupación.
- En el auditorio se recomienda voceo para evacuación.
- Las cargas de notificación se alimentan desde circuitos Clase A o B, supervisados.
- Se deben calcular corrientes máximas para dimensionar el banco de baterías.

7.4. Diseño de Iluminación de Emergencia

7.4.1. Tipo de luminarias.

- Luminarias autónomas LED con baterías internas Ni-Cd o Li-ion.
- Autonomía mínima: 90 minutos (NFPA 101 y Ordenanza 468/14).

7.4.2. Ubicación.

- Pasillos principales.
- Escaleras.
- Laboratorios.
- Salidas y puntos de giro.

7.4.3. Criterios eléctricos.

- Circuito exclusivo, alimentado desde tablero de emergencia.
- Cableado resistente al fuego.
- Supervisión del cargador interno.

7.4.4. Aplicación de la NP 2 028 96

La norma exige que los servicios de emergencia:

- Tengan fuentes independientes.
- Esten separados de cargas comunes.
- Cuenten con capacidad para funcionar bajo fallo de energía principal.

7.5. Diseño de señalización de salidas.

7.5.1. Tipos de señalización.

- Fotoluminiscentes (respaldo pasivo).
- LED eléctricas (para condiciones de humo).

7.5.2. Criterios de ubicación.

- Sobre todas las puertas de salida.
- En cambios de dirección y escaleras.
- Visibilidad mínima de 15 m en pasillos.

Las señales LED deben vincularse al circuito de emergencia y mantenerse activas con energía de respaldo.

7.6. Cálculo de energía de respaldo.

7.6.1. Baterías internas al panel.

- 24 h en supervisión + 5 min en alarma (NFPA 72).
- Se dimensiona en función de:
    - número de detectores.
    - consumo del panel.
    - corriente total de sirenas y estrobos.

7.6.2. UPS para cargas esenciales

- Recomendado para el panel y sistemas de cómputo vinculados al monitoreo.
- Requisito reforzado por NP 2 028 96: los servicios críticos deben disponer de fuente segura y fuente de reserva.

7.7. Análisis Integral y Diseño del Sistema de detección.

- Caracterización Arquitectónica del Nivel
- Determinación del Área a Proteger

- Clasificación del Riesgo
- Selección del Tipo de Detectores y Estrategia de Cobertura
- Diseño y Ubicación de Estaciones Manuales (Pulsadores)
- Diseño de Dispositivos de Notificación Audible y Visual
- Diseño del Sistema de Iluminación de Emergencia
- Diseño de la Señalización y Rutas de Evacuación
- Determinación del Tipo y Ubicación del Panel Central de Alarmas
- Análisis Eléctrico Integral del Sistema PCI
- Presupuesto de ejecución del proyecto técnico

7.8. Caracterización Arquitectónica del Nivel:

Bloque Administrativo, compuesto por direcciones y coordinaciones, áreas de apoyo, secretarias, estar, sector fotocopias, servicios sanitarios, circulaciones principales y secundarias, un jardín/patio interior a modo de pulmón de iluminación y ventilación. El ejercicio de determinación de área a proteger se muestra en **Anexo 7.3**

7.8.1. Analisis PCI:

- **Áreas administrativas cerradas**: oficinas y direcciones.
- **Áreas de circulación y uso común**: pasillos, halles, estar, zona de espera.
- **Áreas de servicio**: sanitarios, depósitos pequeños, salas técnicas.

7.9. Clasificación del riesgo:

Ocupación:

Las áreas de oficinas y direcciones se encuadran dentro de la ocupación tipo Business (oficinas) de NFPA 101, riesgo ordinario, con permanencia temporal de personas y carga combustible moderada, mobiliarios, documentación en papel, equipos informáticos.

Los sanitarios y áreas de servicio se consideran espacios accesorios de la misma ocupación.

En términos de la NP 2 028 96, el nivel se clasifica como:

- Edificación de uso administrativo.
- Con carga de fuego específica moderada.
- Sin presencia de procesos industriales ni almacenamiento masivo de combustibles.

Por tanto, se adopta el criterio de “riesgo ordinario” (similar al Grupo 1 de muchas normas), lo que justifica sistemas de detección automática, notificación sonora/visual e iluminación de emergencia, pero no requiere medidas propias de alto riesgo (rociadores de alta densidad, espuma, etc.).

7.10. Selección del Tipo de Detectores y Estrategia de Cobertura

Oficinas, direcciones, secretarías, estar y pasillos: Detectores de humo fotoeléctricos direccionables.

- Alta sensibilidad ante incendios de combustión lenta (papel, mobiliario).
- Bajo riesgo de falsas alarmas por polvo o vapor.
- Permiten diagnóstico de suciedad y averías desde el panel.

Sanitarios y áreas con vapor, en principio no se colocan detectores automáticos, para evitar falsas alarmas por vapor y aerosoles. La protección se consigue por:

- Detección en el pasillo inmediato
- Cierre de puertas y ventilación.

7.11. Cobertura y cálculo de cantidad (NFPA 72)

NFPA 72 permite, como valor típico, un espaciamiento de aproximadamente 9 m entre detectores de humo en techos bajos, lo que se traduce en un área máxima de cobertura del orden de 81 m² por detector en condiciones estándar (techo plano y altura ≤ 3 m). Ver análisis macro Anexo 7.1

7.12. Diseño y Ubicación de Estaciones Manuales (Pulsadores)

Los pulsadores manuales de alarma constituyen el medio primario de activación voluntaria del sistema de detección, permitiendo a los ocupantes dar aviso inmediato ante la presencia de un principio de incendio.

Su cantidad y ubicación dependen de la distancia máxima de recorrido permitida por normativa, del tipo de ocupación del edificio, de la accesibilidad universal y de las condiciones de visibilidad durante la evacuación. La NFPA 72 establece que los pulsadores deben instalarse próximos a las salidas, sobre la ruta normal de evacuación,

manteniendo distancias de recorrido limitadas y alturas de montaje accesibles.

La NFPA 101 y la Ordenanza 468/14 refuerzan su integración obligatoria a los sistemas de evacuación, mientras que la Norma Paraguaya NP 2 028 96 exige que estos dispositivos formen parte de los servicios esenciales, con circuitos eléctricos supervisados y alimentación segura.

Según la NFPA 72:

- Deben instalarse junto a cada salida accesible (salidas de emergencia, escaleras, accesos a pasillos de evacuación.
- El recorrido máximo permitido para alcanzar una estación manual es de 60m para ocupaciones generales.
- En ocupaciones de alto riesgo, se recomienda que la distancia máxima sea de 30m.
- La altura recomendada es de 1.20 a 1.50 metros desde el nivel de piso terminado. En áreas compartimentadas, cada compartimento debe contar al menos con una estación manual.
- También en zonas de riesgo especial (laboratorios, depósitos, áreas técnicas)

7.13. Diseño de dispositivos de notificación audible y visual.

Por lo tanto, aplicando estos criterios al análisis en cuestión la planta quedaría de la siguiente manera:

.

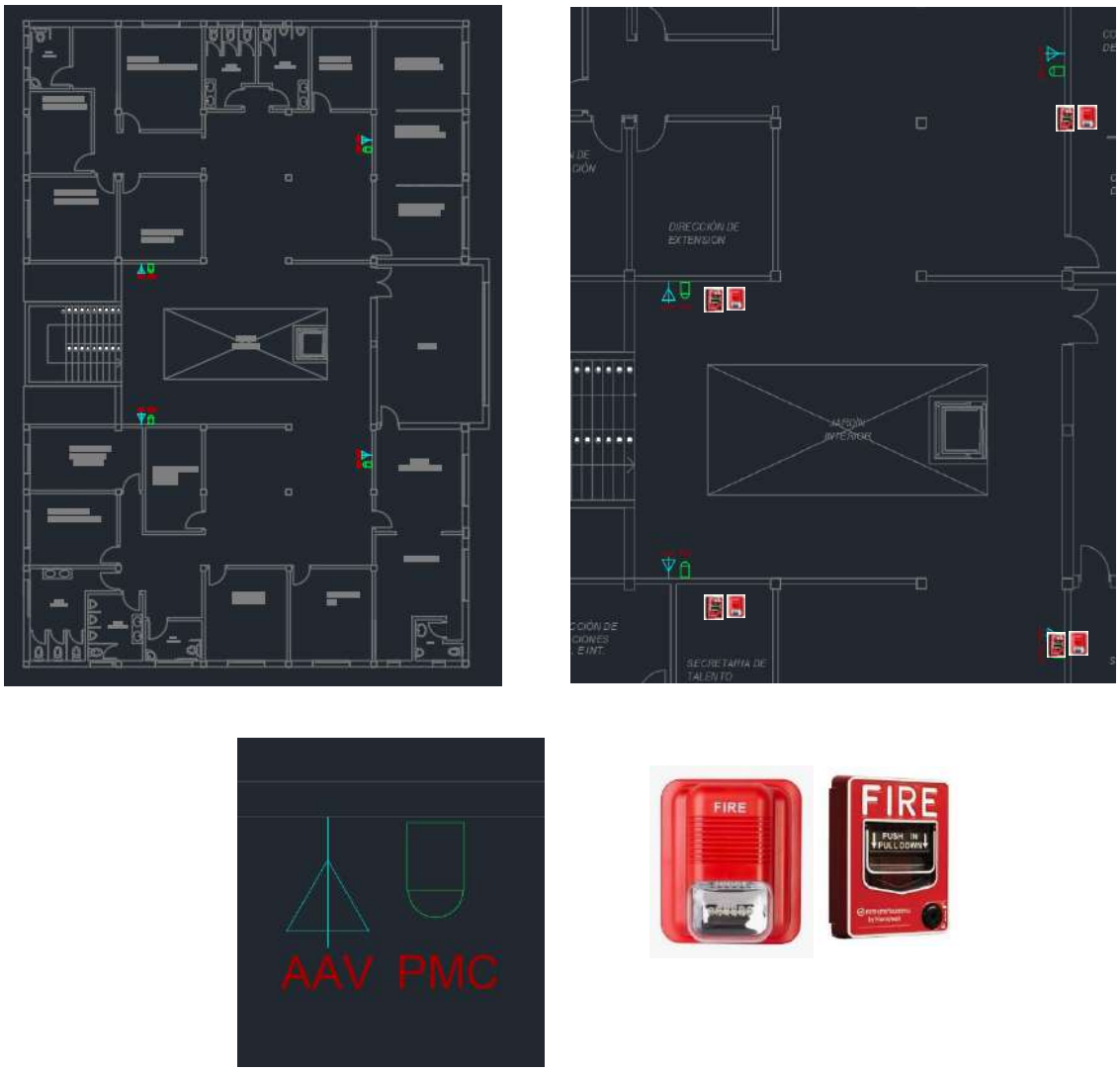


Figura 24. Proyeccion pulsadores y alarmas

7.14. Diseño del Sistema de Iluminación de Emergencia

El sistema de iluminación de emergencia del nivel administrativo se diseña con el objetivo de garantizar que, ante la pérdida del suministro eléctrico normal, las rutas de evacuación, los puntos de cambio de dirección, las escaleras y las salidas mantengan niveles mínimos de iluminación que permitan una evacuación ordenada y segura de los ocupantes.

Desde el punto de vista normativo, el diseño se apoya en los criterios de seguridad humana establecidos por la NFPA 101 (Life Safety Code), en las exigencias de iluminación de emergencia y medios de egreso de la Ordenanza 468/14, y en las disposiciones de la NP 2 028 96, que considera a la iluminación de emergencia como parte de los servicios esenciales de la edificación, debiendo ser alimentada desde circuitos eléctricos confiables y, en su caso, con respaldo autónomo.

Luz de emergencia LED de 90 LEDs, o similar

$$Cantidad\ de\ luminarias = \frac{E * A}{F * UF * MF}$$

- Material: ABS, color blanco, reflector de aluminio
- Alimentación (V): 3.7V 2.2AH Bateria de Litio
- Flujo Lumínico (lm): 450
- Potencia (W) : 6
- Temperatura de Color (K): 6500
- Tiempo de Recarga: 100V 48h/ 240V 24h
- Autonomía (h): 4-5 (baja intensidad), 2-3 (alta intensidad)
- Cantidad de LEDs: 90
- Dimensiones (mm): 482x55x30

$E = 10.8\ lux$
$A = 664.66\ m2$
$F = 450\ lm$
$UF = 0.6$
$MF = 0.8$

$$Cantidad\ de\ luminarias = \frac{10.8 * 664.66}{450 * 0.6 * 0.8}$$

$$\boldsymbol{Cantidad\ de\ luminarias = 33.23\ unidades}$$

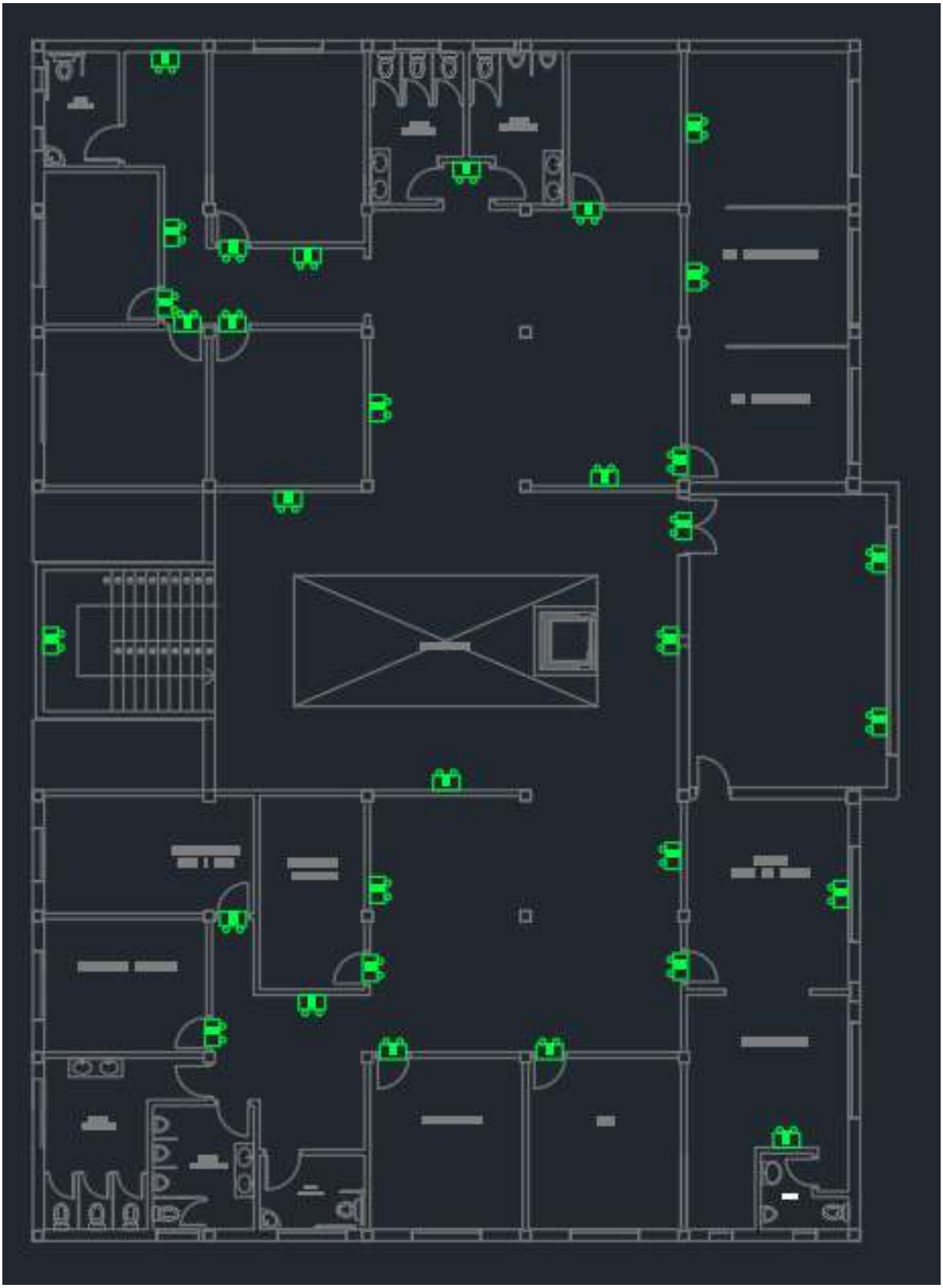


Figura 25. Iluminacion de emergencia.

7.15. Diseño de la Señalización y Rutas de Evacuación

Las rutas de evacuación del nivel administrativo se definen a partir del análisis de la geometría del plano, garantizando recorridos continuos, sin obstrucciones y con distancias compatibles con edificaciones de uso administrativo. Estas rutas conducen directamente hacia las escaleras y salidas de emergencia, priorizando siempre el trayecto más corto y seguro.

La señalización se dispone sobre todas las puertas de salida, en cambios de dirección y en tramos donde el sentido de evacuación no resulta evidente, asegurando visibilidad directa desde cualquier punto del recorrido. Se emplean carteles luminosos tipo LED con respaldo autónomo o vinculados a los circuitos de emergencia, de modo que permanezcan operativos ante la interrupción del suministro eléctrico.

Desde el punto de vista eléctrico, la señalización se integra a los sistemas de seguridad del edificio mediante circuitos dedicados o baterías internas, en concordancia con la NP 2 028 96 y los principios de seguridad humana establecidos en NFPA 101. Esta disposición garantiza una orientación permanente y confiable de los ocupantes durante la evacuación.

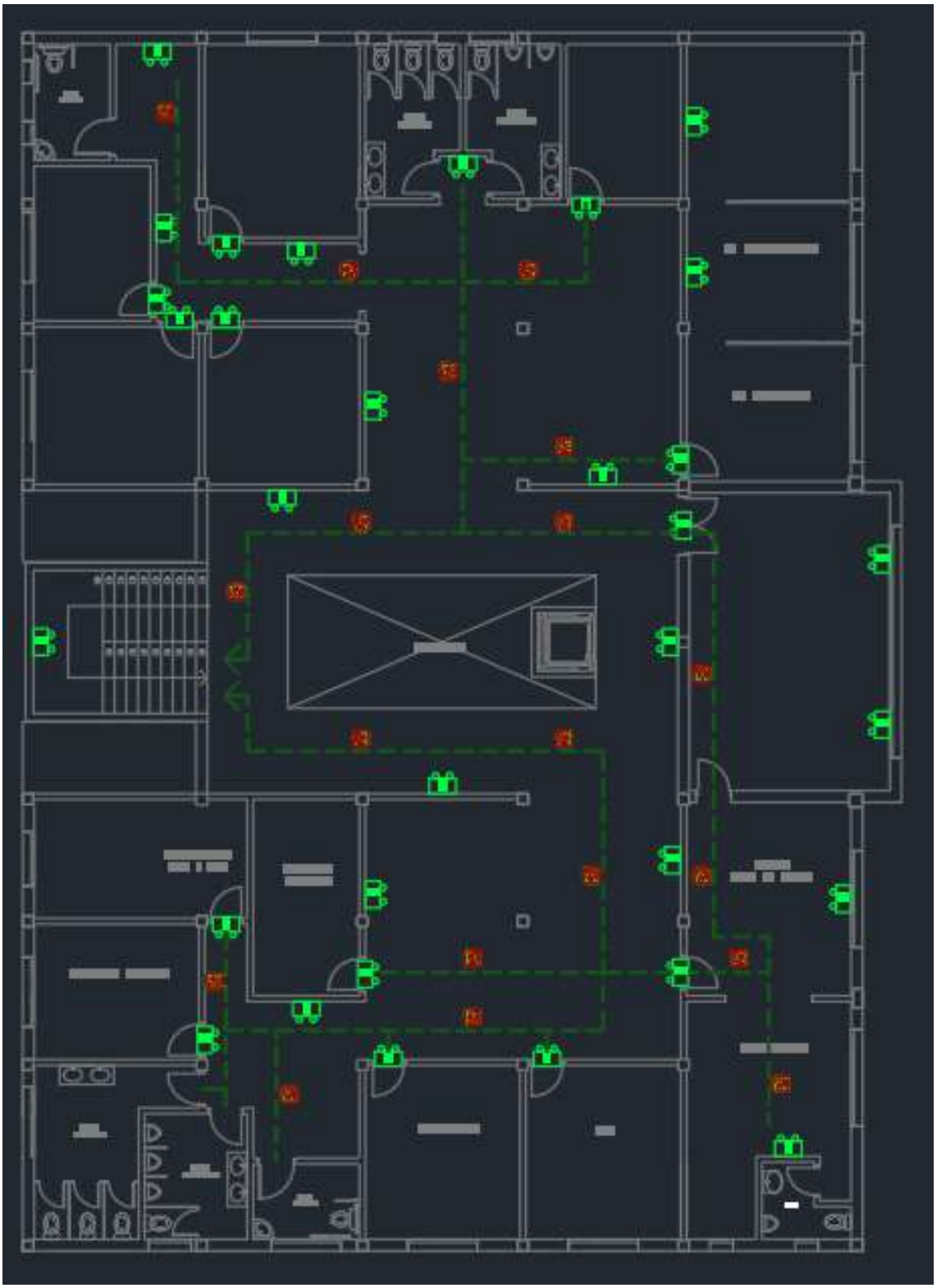


Figura 27. Rutas de evacuación.

7.16. Determinación del Tipo y Ubicación del Panel Central de Alarmas

El sistema de detección del nivel se centraliza en un panel de alarmas direccionable, seleccionado por su capacidad de identificar en forma precisa cada dispositivo del sistema, supervisar fallas de lazo, pérdidas de comunicación y estados de alarma en tiempo real. Esta tecnología permite una gestión eficiente del evento, reduciendo los tiempos de localización y respuesta ante una emergencia.

La ubicación del panel se define en un sector de acceso controlado, cercano a una entrada principal del edificio, con disponibilidad permanente para el personal de seguridad y los equipos de emergencia. El local de instalación debe contar con condiciones ambientales adecuadas (ventilación, baja humedad, temperatura estable) y protección contra intervenciones no autorizadas.

Desde el punto de vista eléctrico, el panel se alimenta desde un circuito exclusivo proveniente del tablero de servicios esenciales, con protecciones selectivas y respaldo mediante baterías internas, en concordancia con la NP 2 028 96 y los criterios de confiabilidad exigidos por la NFPA 72. Esta disposición asegura la operación continua del sistema aun ante fallas del suministro principal.

Se recomienda que el PCC, se encuentre en un lugar de no acceso a todo público, dado que su operatividad puede verse comprometida en situaciones donde el mismo pueda ser manipulado por personas que no posean la capacitación correspondiente, por ende se plantea su ubicación en la Secretaria de Talento Humano, dado a su cercanía con la ruta de acceso.

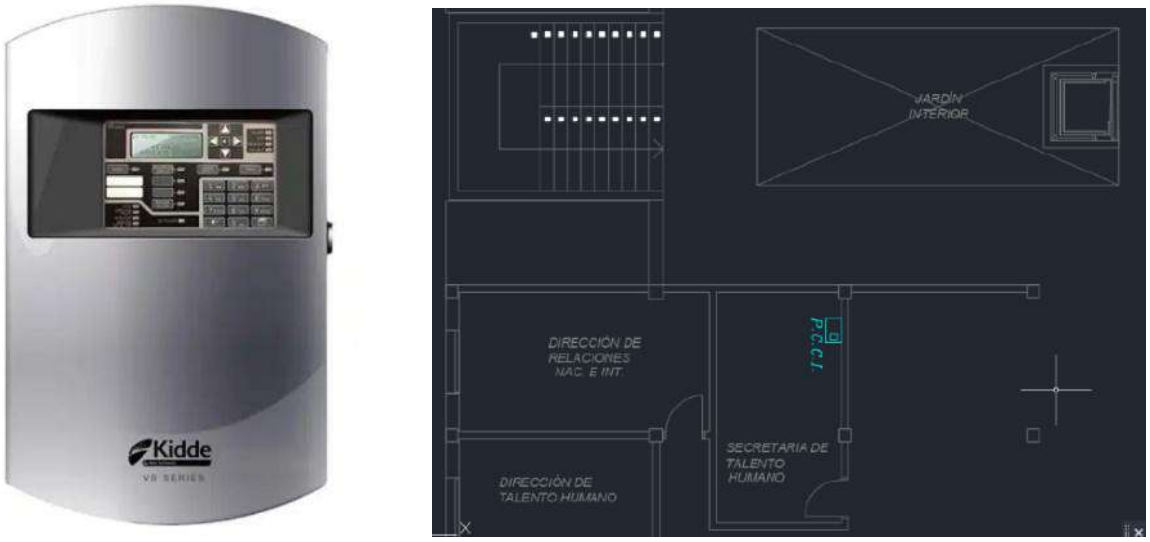


Figura 28. Panel Central de Alarmas.

8. Análisis Eléctrico Integral del Sistema PCI

8.1. Bloque Administrativo: Datos de entrada, en el Bloque Administrativo:

- Detectores humo/calor: 21 unidades (P=0.50W)
- Pulsadores manuales: 4 unidades (P=0.20W)
- Alarma audiovisual: 4 unidades (P=2.00W)
- Iluminación de emergencia: 32 unidades (P=6.00W)
- Carteles de ruta de evacuación: 18 carteles (P=6.00W)
- Panel Central de Incendio: 1 unidad (P=40.00W)

Procesamiento de datos:

Pinst = 360W

Volt = 220 V

L(long) = 145.00 ml

e% = 3.00%

ρ_{cu}=58 $\frac{\Omega \cdot \mathrm{m}}{mm^2}$

Factor de potencia = 0.90

Caída de Tensión

$$S_{mm^2} = \frac{K \cdot P \cdot L}{\rho \cdot V^2 \cdot e\%}$$

$$S_{mm^2} = \frac{200 \cdot 360\ W \cdot 145m}{58\frac{\Omega \cdot \mathrm{m}}{mm^2} \cdot (220V)^2 \cdot 3\%}$$

$$s_{mm^2} = 1{,}23mm^2$$

$$s_{adoptada} = 1{,}50\ mm^2$$

$$I_{admisible} = 16\ A$$

1° Condición: Caída de tensión

$$e\%_{adop} < e\%$$

$$e\%_{adop} = \frac{200 \cdot 320\ W \cdot 145m}{58\frac{\Omega \cdot \mathrm{m}}{mm^2} \cdot (220V)^2 \cdot 1{,}5\ mm^2}$$

$$e\%_{adop} = 2{,}47\ \%$$

$$2{,}47\ \% < 3\%$$

2°Condición: Máxima Corriente Admisible

$$I_{carga} = \frac{320\ W}{220\ V \cdot 0{,}9} = 1{,}62\ A$$

Iprotección= 10A

$$I_{carga} < I_{protección} < I_{admisible}$$

$$1{,}62A < 10A < 16A$$

Observación: La condición 1°, cumple la caída de tensión. La condición 2°, cumple la condición térmica.

Optamos por un conductor de 1.50 mm^2 con una corriente admisible de 16 A y una llave termomagnética de 10 A

8.2. Bloque Aulas: Datos de entrada, en el Bloque de Aulas:

- Detectores humo/calor: 26 unidades (P=0.50W)
- Pulsadores manuales: 10 unidades (P=0.20W)
- Alarma audiovisual: 10 unidades (P=2.00W)
- Iluminación de emergencia: 12 unidades (P=6.00W)
- Carteles de ruta de evacuación: 8 carteles (P=6.00W)
- Panel Central de Incendio: 1 unidad (P=40.00W)

Procesamiento de datos:
Pinst = 195W

Volt = 220 V

L(long) = 850.00 ml

e% = 3.00%

ρ_{cu}=$58\,\frac{\Omega \cdot \mathrm{m}}{mm^2}$

Factor de potencia = 0.90

Caída de Tension

$$S_{mm^2} = \frac{K \cdot P \cdot L}{\rho \cdot V^2 \cdot e\%}$$

$$S_{mm^2} = \frac{200 \cdot 195\ W \cdot 850m}{58\frac{\Omega \cdot \mathrm{m}}{mm^2} \cdot (220V)^2 \cdot 3\%}$$

$$s_{mm^2} = 3{,}39\ mm^2$$

$$s_{adoptada} = 4{,}00\ mm^2$$

$$I_{admisible} = 28\ A$$

1° Condición: Caída de tensión

$$e\%_{adop} < e\%$$

$$e\%_{adop} = \frac{200 \cdot 195\ W \cdot 850m}{58\frac{\Omega \cdot \mathrm{m}}{mm^2} \cdot (220V)^2 \cdot 4{,}00\ mm^2}$$

$$e\%_{adop} = 2{,}95\%$$

$$2{,}95\% < 3\%$$

2°Condición: Máxima Corriente Admisible

$$I_{carga} = \frac{195\ W}{220\ V \cdot 0{,}9} = 0{,}98\ A$$

Iprotección= 10A

$$I_{carga} < I_{protección} < I_{admisible}$$

$$0{,}98A < 10A < 28A$$

Observación: La condición 1°, cumple la caída de tensión. La condición 2°, cumple la condición térmica.

Optamos por un conductor de 4,00 mm^2 con una corriente admisible de 28 A y una llave termomagnética de 10 A.

8.3. Bloque Laboratorios: Datos de entrada, en el Bloque de Laboratorios:

- Detectores humo/calor: 44 unidades (P=0.50W)
- Pulsadores manuales: 12 unidades (P=0.20W)
- Alarma audiovisual: 12 unidades (P=2.00W)
- Iluminación de emergencia: 16 unidades (P=6.00W)
- Carteles de ruta de evacuación: 16 carteles (P=6.00W)
- Panel Central de Incendio: 1 unidad (P=40.00W)

Procesamiento de datos:

Pinst = 280.4W

Volt = 220 V

L(long) = 1000.00 ml

e% = 3.00%

ρ_{cu}=58 $\frac{\Omega \cdot m}{mm^2}$

Factor de potencia = 0.90

Caída de Tension

$$S_{mm^2} = \frac{K \cdot P \cdot L}{\rho \cdot V^2 \cdot e\%}$$

$$S_{mm^2} = \frac{200 \cdot 280{,}4\ W \cdot 600m}{58\frac{\Omega \cdot m}{mm^2} \cdot (220V)^2 \cdot 3\%}$$

$$s_{mm^2} = 3{,}99\ mm^2$$

$$s_{adoptada} = 4{,}00\ mm^2$$

$$I_{admisible} = 28A$$

1° Condición: Caída de tensión

$$e\%_{adop} < e\%$$

$$e\%_{adop} = \frac{200 \cdot 280.4\ W \cdot 600m}{58\frac{\Omega \cdot m}{mm^2} \cdot (220V)^2 \cdot 4{,}00\ mm^2}$$

$$e\%_{adop} = 1{,}33\%$$

$$2{,}99\% < 3\%$$

2°Condición: Máxima Corriente Admisible

$$I_{carga} = \frac{280.40\ W}{220\ V \cdot 0{,}9} = 1{,}41\ A$$

Iprotección= 10A

$$I_{carga} < I_{protección} < I_{admisible}$$

$$1{,}41\ A < 10A < 28\ A$$

Observación: La condición 1°, cumple la caída de tensión. La condición 2°, cumple la condición térmica.

Optamos por un conductor de 4,00 mm^2 con una corriente admisible de 28 A y una llave termomagnética de 10 A.

8.4. Bloque Cantina: Datos de entrada, en el Bloque de Cantina:

- Detectores humo/calor, o TV: 17 unidades (P=0.50W)
- Pulsadores manuales: 7 unidades (P=0.20W)
- Alarma audiovisual: 7 unidades (P=2.00W)
- Iluminación de emergencia: 18 unidades (P=6.00W)
- Carteles de ruta de evacuación: 9 carteles (P=6.00W)
- Panel Central de Incendio: 1 unidad (P=40.00W)

Procesamiento de datos:

Pinst = 225.90 W

Volt = 220 V

L(long) = 560.00 ml

e% = 3.00%

ρ_{cu}=58 $\frac{\Omega \cdot \mathrm{m}}{mm^2}$

Factor de potencia = 0.90

Caída de Tension

$$S_{mm^2} = \frac{K \cdot P \cdot L}{\rho \cdot V^2 \cdot e\%}$$

$$S_{mm^2} = \frac{200 \cdot 225{,}9\ W \cdot 560m}{58\frac{\Omega \cdot \mathrm{m}}{mm^2} \cdot (220V)^2 \cdot 3\%}$$

$$s_{mm^2} = 3{,}00\ mm^2$$

$$s_{adoptada} = 4{,}00\ mm^2$$

$$I_{admisible} = 28\ A$$

1° Condición: Caída de tensión

$$e\%_{adop} < e\%$$

$$e\%_{adop} = \frac{200 \cdot 225{,}90\ W \cdot 560m}{58\frac{\Omega \cdot \mathrm{m}}{mm^2} \cdot (220V)^2 \cdot 4{,}00\ mm^2}$$

$$e\%_{adop} = 2{,}25\%$$

$$2{,}25\% < 3\%$$

2°Condición: Máxima Corriente Admisible

$$I_{carga} = \frac{225{,}90\ W}{220\ V \cdot 0{,}9} = 1{,}14\ A$$

Iprotección= 10A

$$I_{carga} < I_{protección} < I_{admisible}$$

$$1{,}14\ A < 10A < 28\ A$$

Observación: La condición 1°, cumple la caída de tensión. La condición 2°, cumple la condición térmica.

Optamos por un conductor de 4,00 mm^2 con una corriente admisible de 28 A y una llave termomagnética de 10 A.

Bloque Anfiteatro: Datos de entrada, en el Bloque de Anfiteatro:

- Detectores humo/calor, o TV: 17 unidades (P=0.50W)
- Pulsadores manuales: 8 unidades (P=0.20W)
- Alarma audiovisual: 8 unidades (P=2.00W)
- Iluminación de emergencia: 14 unidades (P=6.00W)
- Carteles de ruta de evacuación: 5 carteles (P=6.00W)
- Panel Central de Incendio: 1 unidad (P=40.00W)

Procesamiento de datos:

Pinst = 180.10 W

Volt = 220 V

L(long) = 580.00 ml

e% = 3.00%

ρ_{cu}=58 $\frac{\Omega \cdot \mathrm{m}}{mm^2}$

Factor de potencia = 0.90

Caída de Tension

$$S_{mm^2} = \frac{K \cdot P \cdot L}{\rho \cdot V^2 \cdot e\%}$$

$$S_{mm^2} = \frac{200 \cdot 180{,}10\ W \cdot 580m}{58\frac{\Omega \cdot \mathrm{m}}{mm^2} \cdot (220V)^2 \cdot 3\%}$$

$$s_{mm^2} = 2{,}48\ mm^2$$

$$s_{adoptada} = 2{,}50\ mm^2$$

$$I_{admisible} = 20\ A$$

1° Condición: Caída de tensión

$$e\%_{adop} < e\%$$

$$e\%_{adop} = \frac{200 \cdot 180{,}10\ W \cdot 580m}{58\frac{\Omega \cdot \mathrm{m}}{mm^2} \cdot (220V)^2 \cdot 2{,}50\ mm^2}$$

$$e\%_{adop} = 2{,}97\%$$

$$2{,}97\% < 3\%$$

2°Condición: Máxima Corriente Admisible

$$I_{carga} = \frac{180{,}10\ W}{220\ V \cdot 0{,}9} = 0{,}90\ A$$

Iprotección= 10A

$$I_{carga} < I_{protección} < I_{admisible}$$

$$0{,}90A < 10A < 20\ A$$

Observación: La condición 1°, cumple la caída de tensión. La condición 2°, cumple la condición térmica.

Optamos por un conductor de 2,50 mm^2 con una corriente admisible de 20 A y una llave termomagnética de 10 A.

8.5. Cálculo de alimentador Tablero PCI

- Bloque Administrativo: P = 360.00 W
- Bloque Aulas: P = 195.00 W
- Bloque Laboratorio P = 280.40 W
- Bloque Cantina: P = 225.90 W
- Bloque Anfiteatro: P = 180.10 W

Procesamiento de datos:

Pinst = 1241.40 W

Volt = 380 V

L(long) = 2.00 ml

e% = 1.00%

ρ_{cu}=58 $\frac{\Omega \cdot \mathrm{m}}{mm^2}$

Factor de potencia = 0.90

Caída de Tensión

$$s_{mm^2} = \frac{K \cdot P \cdot L}{\rho \cdot V^2 \cdot e\%}$$

$$s_{mm^2} = \frac{100 \cdot 1241{,}40\ W \cdot 2{,}00m}{58\frac{\Omega \cdot \mathrm{m}}{mm^2} \cdot (380V)^2 \cdot 1\%}$$

$$s_{mm^2} = 0{,}029\ mm^2$$

El calculo nos da un conductor de 1,50 mm^2 con una corriente admisible de 16 A, Pero debido a que sería el conductor será el alimentador del tablero seccional PCI, optamos por un conductor de mayor sección de 4,00 mm^2 con una corriente admisible de 28 A.

$$s_{adoptada} = 4{,}00\ mm^2$$

$$I_{admisible} = 28\ A$$

1° Condición: Caída de tensión

$$e\%_{adop} < e\%$$

$$e\%_{adop} = \frac{100 \cdot 1241.40\ W \cdot 2{,}00m}{\sqrt{3} \cdot 58\frac{\Omega \cdot \mathrm{m}}{mm^2} \cdot (380V)^2 \cdot 4{,}00\ mm^2}$$

$$e\%_{adop} = 0{,}0042\ \%$$

$$0{,}0042\ \% < 1\%$$

2°Condición: Máxima Corriente Admisible

$$I_{carga} = \frac{1241{,}40\ W}{\sqrt{3} \cdot 380\ V \cdot 0{,}9} = 2{,}095\ A$$

Iprotección= 10A

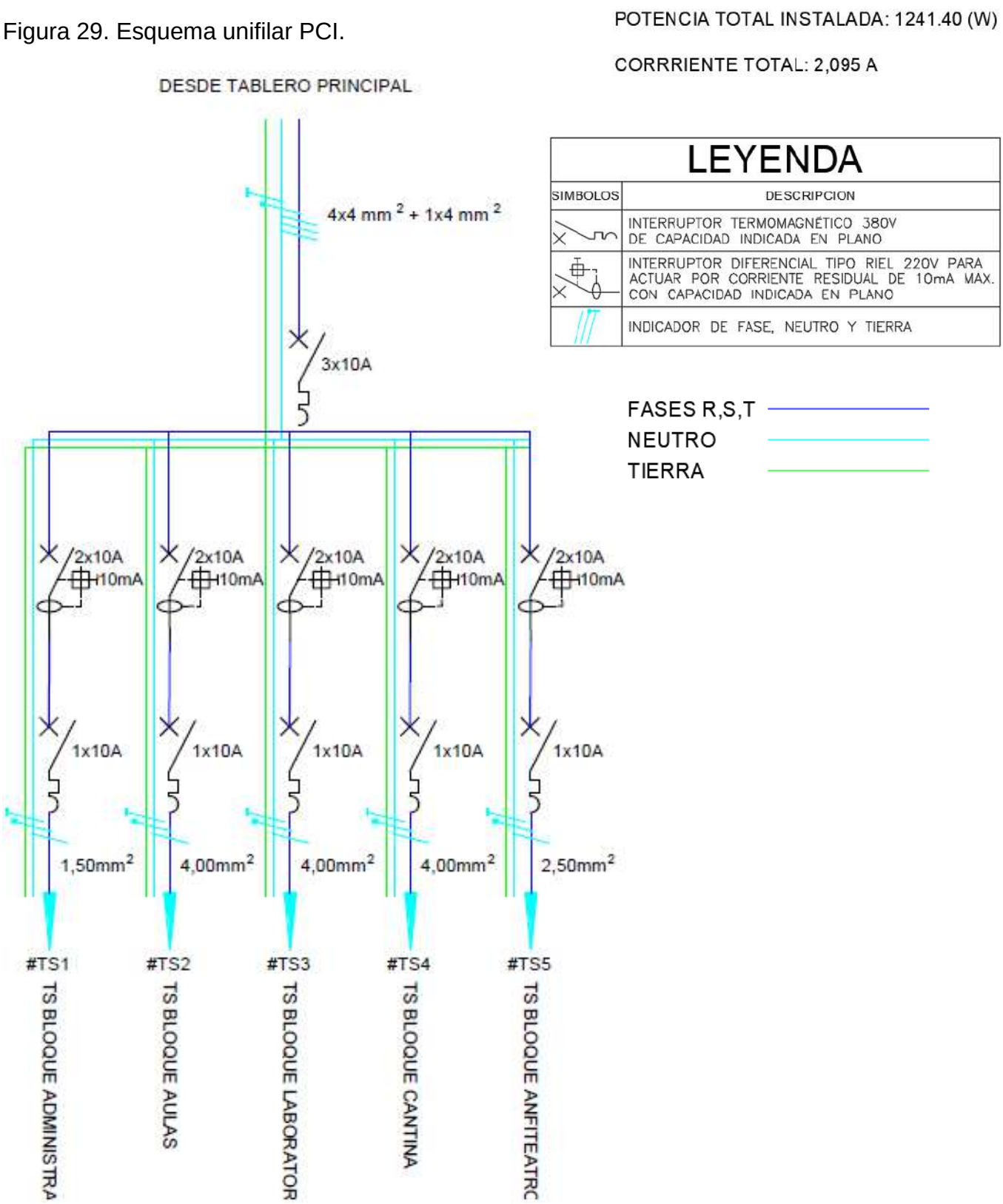
$$I_{carga} < I_{protección} < I_{admisible}$$

$$2{,}095\ A < 10A < 28\ A$$

Observación: La condición 1°, cumple la caída de tensión. La condición 2°, cumple la condición térmica.

Optamos por un conductor de 4,00 mm^2 con una corriente admisible de 28 A y una llave termomagnética de 10 A.

Figura 29. Esquema unifilar PCI.



9. Presupuesto de ejecución del proyecto técnico

ÍTEM	ELEMENTOS A PRESUPUESTAR	UN	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
BLOQUE ADMINISTRATIVO					
1	**INSTALACIÓN ELECTRONICA**				
1.1.1	Detector Humo/Calor con certificación.	Un.	21,00	331.500	6.961.500
1.1.2	Interconexion alambrica entre dispositivos y PCC	ml	145,00	219.083	31.766.963
1.1.3	Pulsador manual.	Un.	4,00	374.108	1.496.430
1.1.4	Alarma audio visual.	Un.	4,00	447.103	1.788.410
1.1.5	Provision y colocacion de carteles de evacuación.	Un.	18,00	421.103	7.579.845
1.1.6	Provision y colocacion iluminación de emergencia	Un.	32,00	421.103	13.475.280
1.1.7	Boca del PCC + Panel central de alarma de Incendio + Programación.	Un.	1,00	6.532.110	6.532.110
				TOTAL IVA INCL.	**69.600.538**

ÍTEM	ELEMENTOS A PRESUPUESTAR	UN	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
BLOQUE AULAS					
1	**INSTALACIÓN ELECTRONICA**				
1.1.1	Detector Humo/Calor con certificación.	Un.	26,00	331.500	8.619.000
1.1.2	Interconexion alambrica entre dispositivos y PCC	ml	850,00	219.083	186.220.125
1.1.3	Pulsador manual.	Un.	10,00	374.108	3.741.075
1.1.4	Alarma audio visual.	Un.	10,00	447.103	4.471.025
1.1.5	Provision y colocacion de carteles de evacuación.	Un.	8,00	421.103	3.368.820
1.1.6	Provision y colocacion iluminación de emergencia	Un.	12,00	421.103	5.053.230
1.1.7	Boca del PCC + Panel central de alarma de Incendio + Programación.	Un.	1,00	6.532.110	6.532.110
				TOTAL IVA INCL.	**218.005.385**

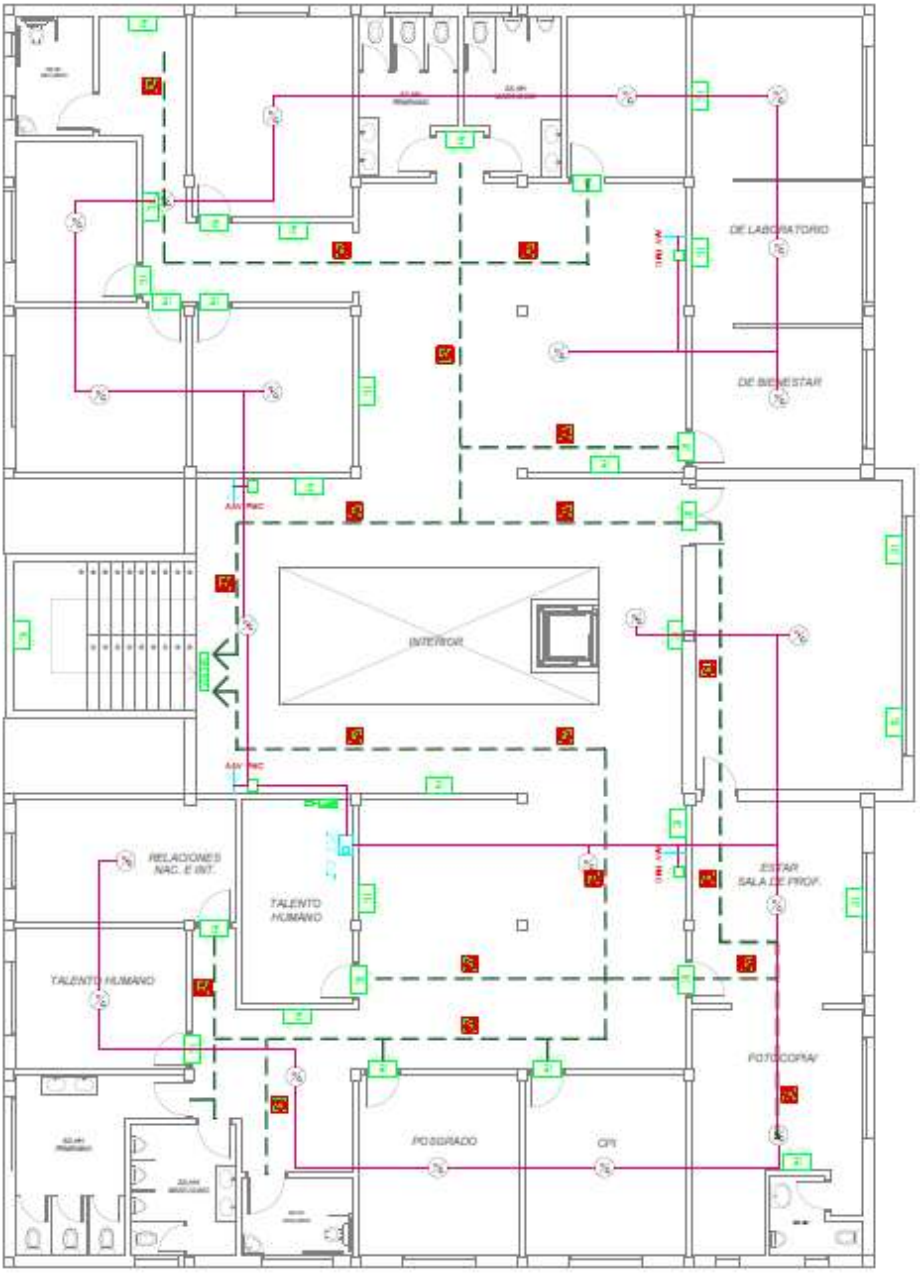
ÍTEM	ELEMENTOS A PRESUPUESTAR	UN	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
BLOQUE LABORATORIOS					
1	**INSTALACIÓN ELECTRONICA**				
1.1.1	Detector Humo/Calor con certificación.	Un.	18,00	331.500	5.967.000
1.1.2	Detector Termovelocimétrico con certificación.	Un.	8,00	318.500	2.548.000
1.1.3	Interconexion alambrica entre dispositivos y PCC	ml	1000,00	219.083	219.082.500
1.1.4	Pulsador manual.	Un.	12,00	374.108	4.489.290
1.1.5	Alarma audio visual.	Un.	12,00	447.103	5.365.230
1.1.6	Provision y colocacion de carteles de evacuación.	Un.	16,00	421.103	6.737.640
1.1.7	Provision y colocacion iluminación de emergencia	Un.	16,00	421.103	6.737.640
1.1.8	Boca del PCC + Panel central de alarma de Incendio + Programación.	Un.	1,00	6.532.110	6.532.110
				TOTAL IVA INCL.	**257.459.410**

ÍTEM	ELEMENTOS A PRESUPUESTAR	UN	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
	BLOQUE CANTINA				
1	**INSTALACIÓN ELECTRONICA**				
1.1.1	Detector Humo/Calor con certificación.	Un.	12,00	331.500	3.978.000
1.1.2	Detector Termovelocimétrico con certificación.	Un.	5,00	318.500	1.592.500
1.1.3	Interconexion alambrica entre dispositivos y PCC	ml	560,00	219.083	122.686.200
1.1.4	Pulsador manual.	Un.	7,00	374.108	2.618.753
1.1.5	Alarma audio visual.	Un.	7,00	447.103	3.129.718
1.1.6	Provision y colocacion de carteles de evacuación.	Un.	9,00	421.103	3.789.923
1.1.7	Provision y colocacion iluminación de emergencia	Un.	18,00	421.103	7.579.845
1.1.8	Boca del PCC + Panel central de alarma de Incendio + Programación.	Un.	1,00	6.532.110	6.532.110
				TOTAL IVA INCL.	**151.907.048**

ÍTEM	ELEMENTOS A PRESUPUESTAR	UN	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
	BLOQUE ANFITEATRO				
1	**INSTALACIÓN ELECTRONICA**				
1.1.1	Detector Humo/Calor con certificación.	Un.	17,00	331.500	5.635.500
1.1.2	Interconexion alambrica entre dispositivos y PCC	ml	580,00	219.083	127.067.850
1.1.3	Pulsador manual.	Un.	8,00	374.108	2.992.860
1.1.4	Alarma audio visual.	Un.	8,00	447.103	3.576.820
1.1.5	Provision y colocacion de carteles de evacuación.	Un.	5,00	421.103	2.105.513
1.1.6	Provision y colocacion iluminación de emergencia	Un.	14,00	421.103	5.895.435
1.1.7	Boca del PCC + Panel central de alarma de Incendio + Programación.	Un.	1,00	6.532.110	6.532.110
				TOTAL IVA INCL.	**153.806.088**

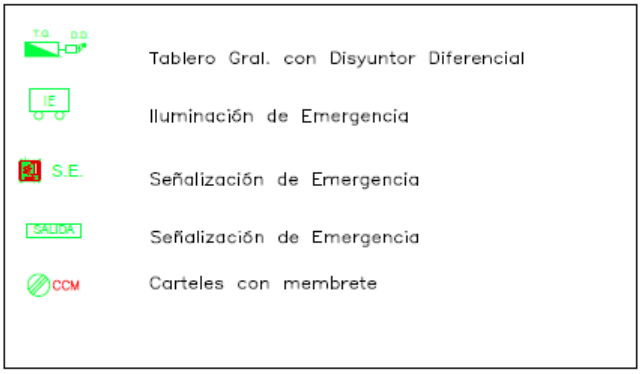
ÍTEM	ELEMENTOS A PRESUPUESTAR	UN	CANT.	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
	RESUMEN GLOBAL				
1	**INSTALACIÓN ELECTRONICA**				
1.1.1	BLOQUE ADMINISTRATIVO	gl	1,00	69.600.538	69.600.538
1.1.2	BLOQUE AULAS	gl	1,00	218.005.385	218.005.385
1.1.3	BLOQUE LABORATORIOS	gl	1,00	257.459.410	257.459.410
1.1.4	BLOQUE CANTINA	gl	1,00	151.907.048	151.907.048
1.1.5	BLOQUE ANFITEATRO	gl	1,00	153.806.088	153.806.088
				TOTAL IVA INCL.	**850.778.468**

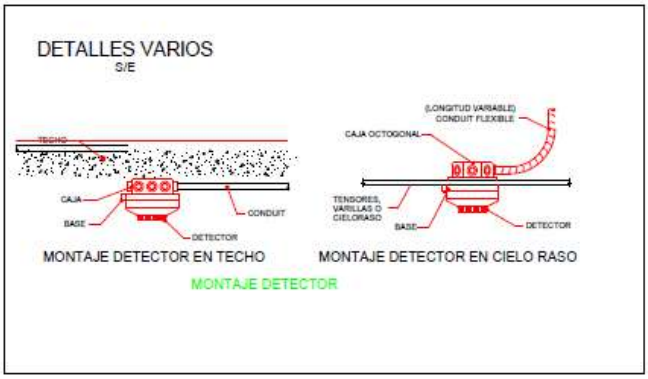
9.1. DISEÑO DE PLANO BLOQUE ADMINISTRATIVO

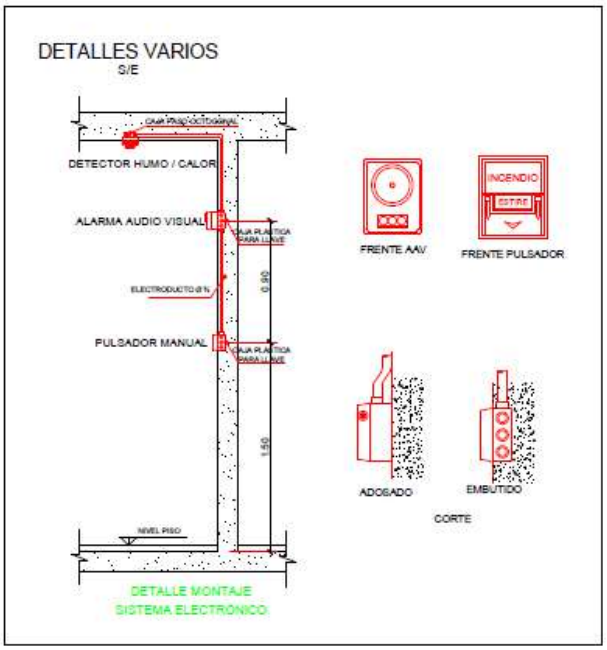


PROYECTO DE INSTALACIONES PARA PREVENCIÓN CONTRA INCENDIOS - BLOQUE ADMINISTRATIVO	
DETECCIÓN Y ALARMAS	PLANTA BAJA SUPERFICIE: 691,68 m2
Pedro Daniel González Berutti PROYECTISTA	

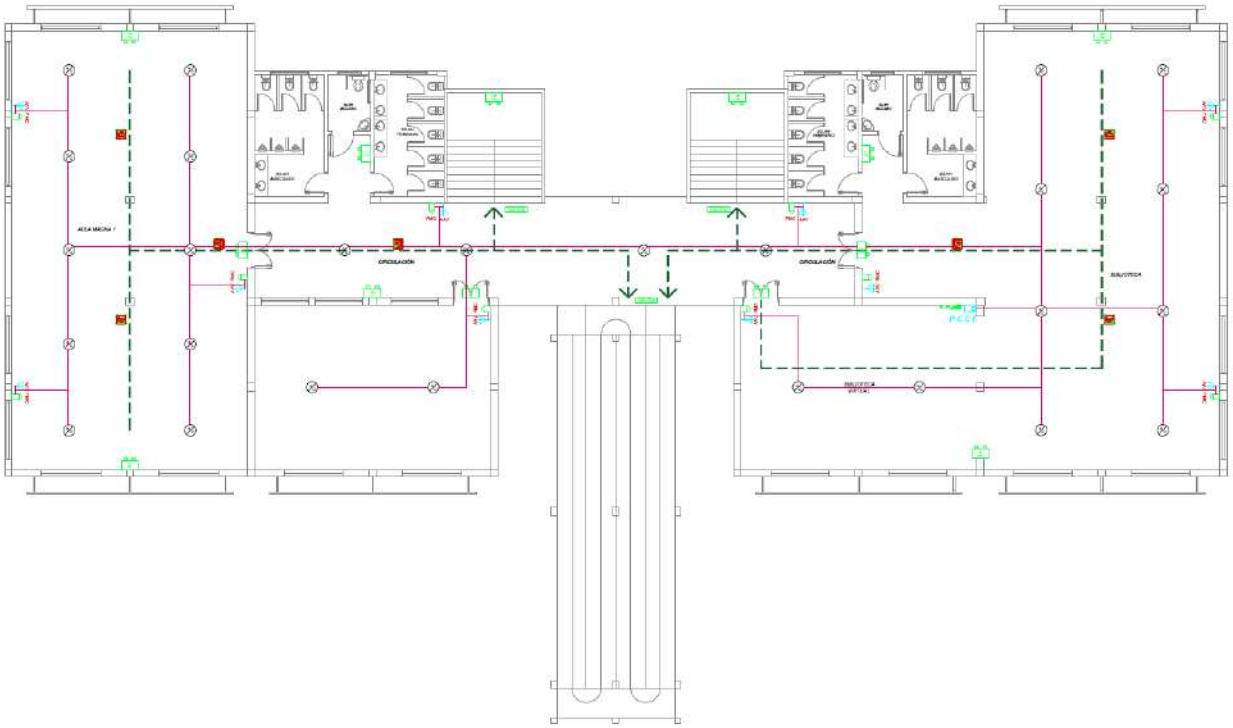
9.1.1. REFERENCIA BLOQUE ADMINISTRATIVO





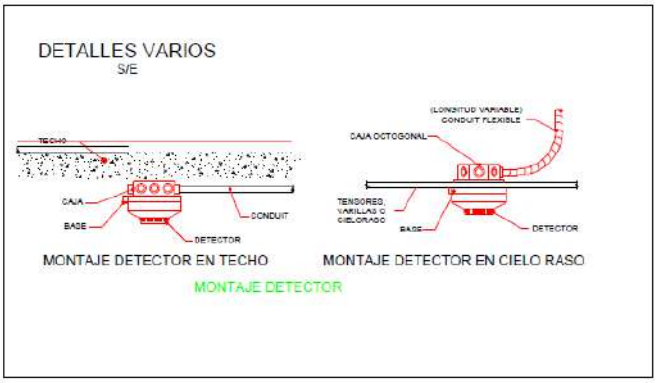


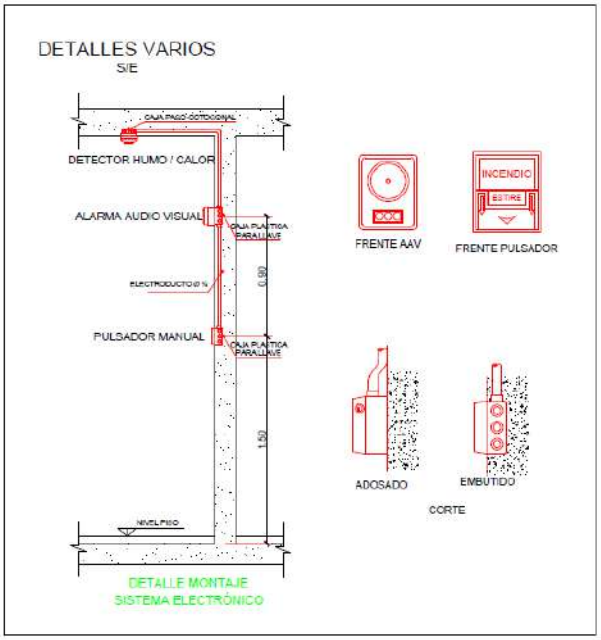
9.2. DISEÑO DE PLANO BLOQUE AULAS



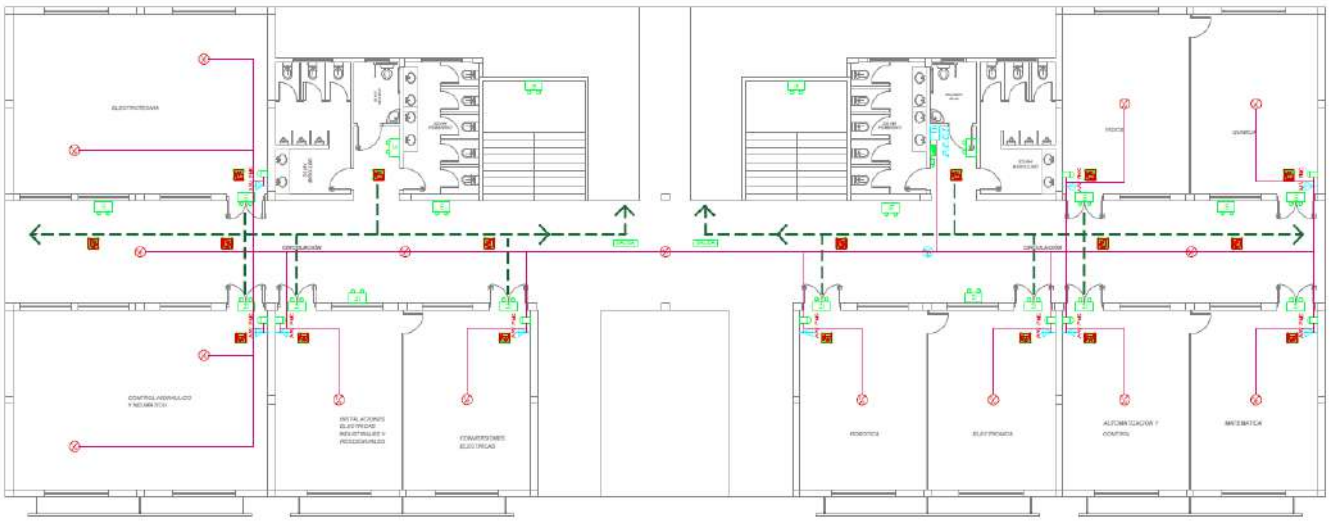
PROYECTO DE INSTALACIONES PARA PREVENCIÓN CONTRA INCENDIOS - BLOQUE AULAS A y B	
DETECCIÓN Y ALARMAS	PLANTA BAJA SUPERFICIE: 822,05 m2
Pedro Daniel González Berutti PROYECTISTA	

9.2.1. REFERENCIA BLOQUE AULAS



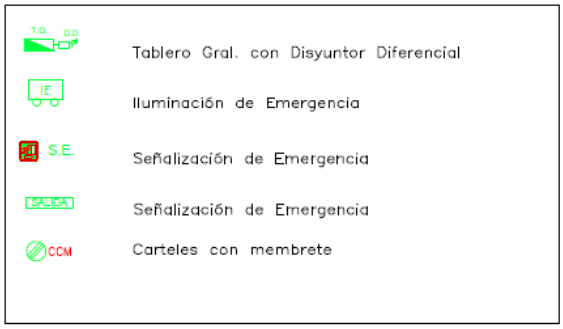


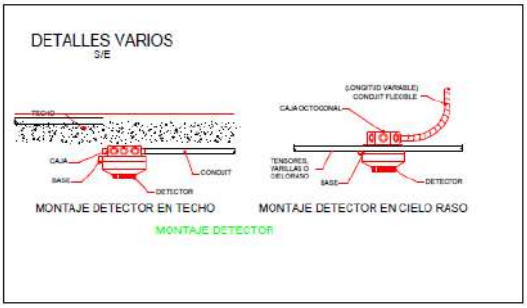
9.3. DISEÑO DE PLANO BLOQUE LABORATORIO

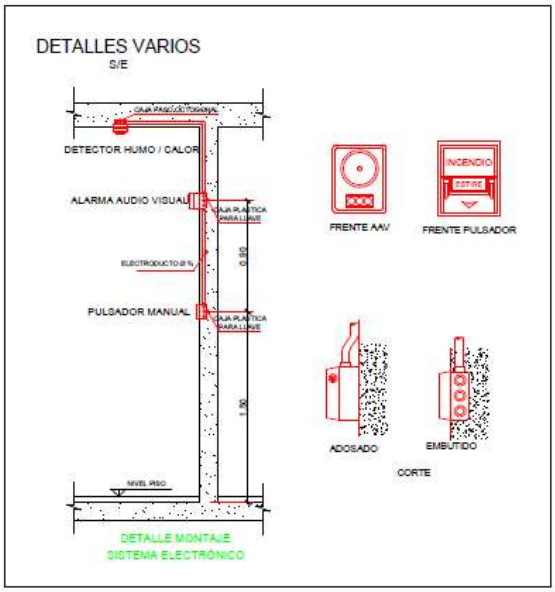


PROYECTO DE INSTALACIONES PARA PREVENCIÓN CONTRA INCENDIOS - BLOQUE LABORATORIOS	
DETECCIÓN Y ALARMAS	PLANTA BAJA SUPERFICIE: 994.35 m2
Pedro Daniel González Berutti PROYECTISTA	

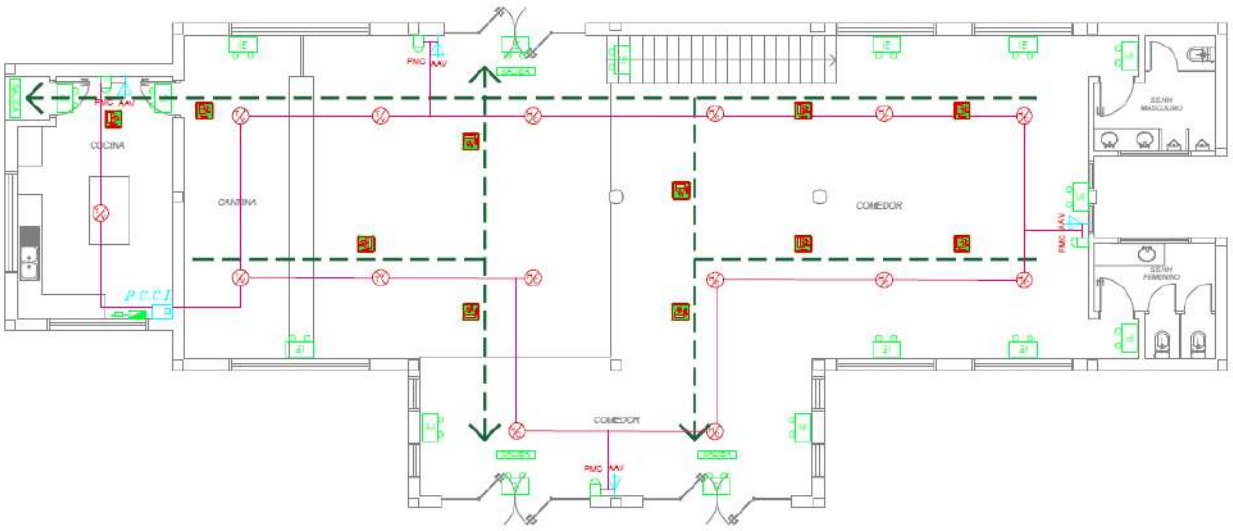
9.3.1. REFERENCIA BLOQUE LABORATORIO





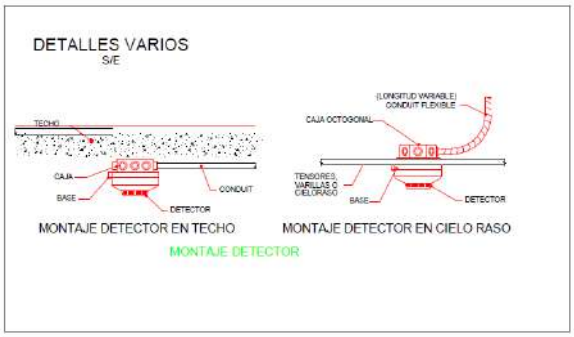


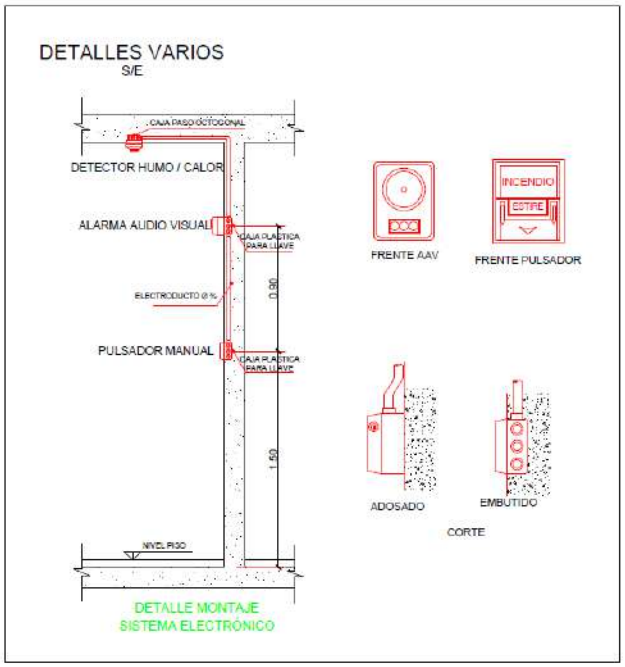
9.4. DISEÑO DE PLANO BLOQUE CANTINA



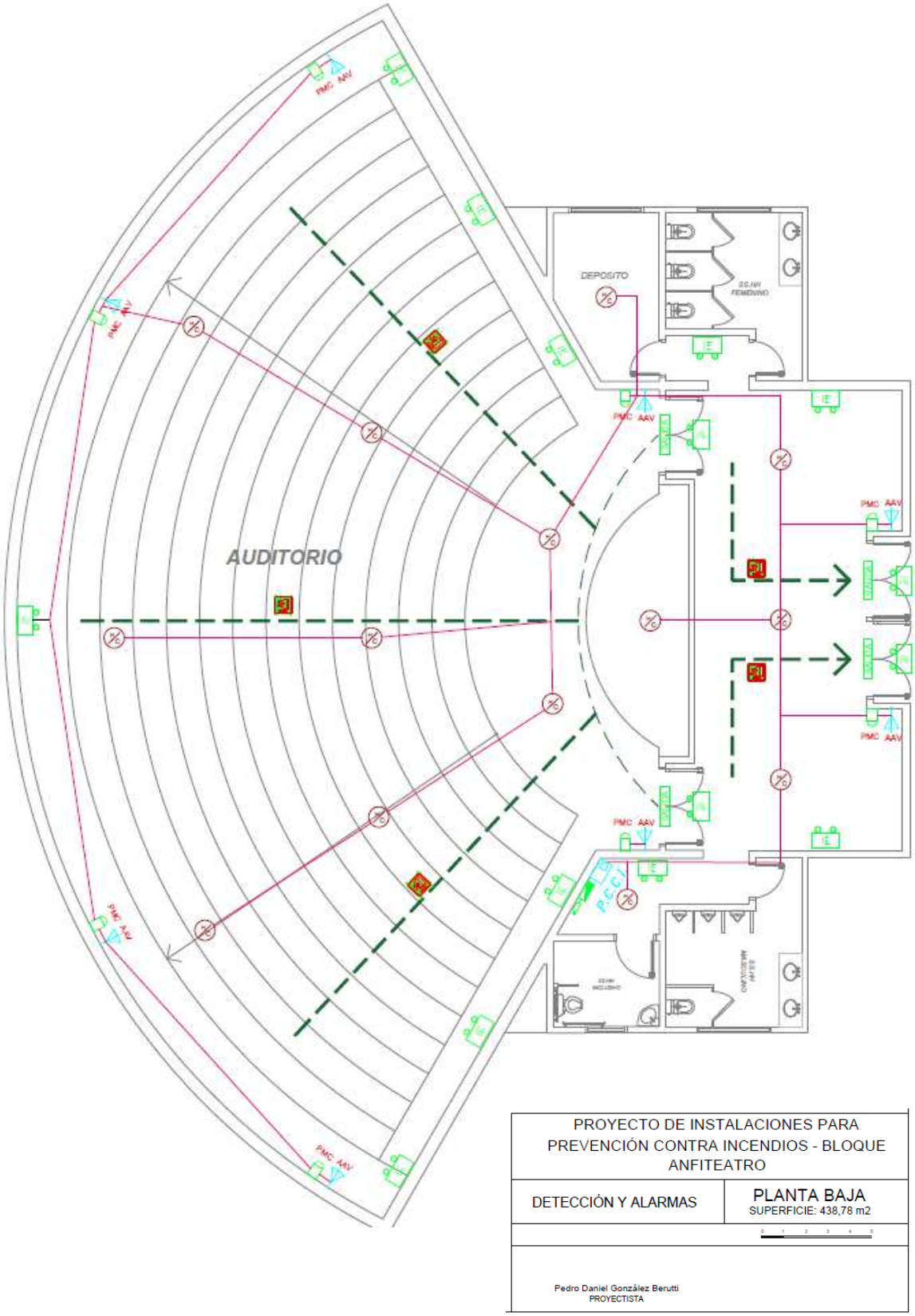
PROYECTO DE INSTALACIONES PARA PREVENCIÓN CONTRA INCENDIOS - BLOQUE CANTINA	
DETECCIÓN Y ALARMAS	PLANTA BAJA SUPERFICIE: 280.67 m2
Pedro Daniel González Berutti PROYECTISTA	

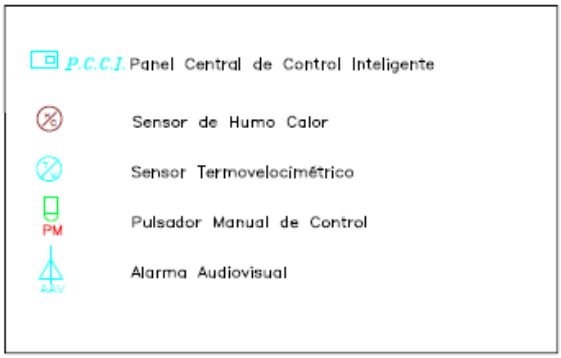
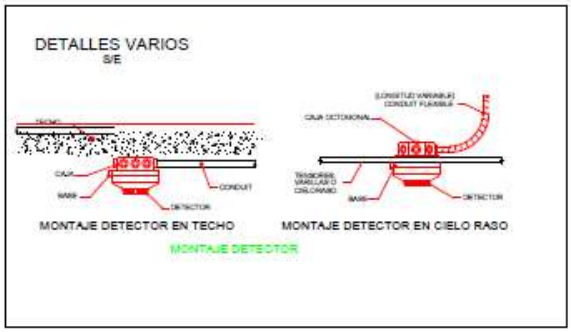
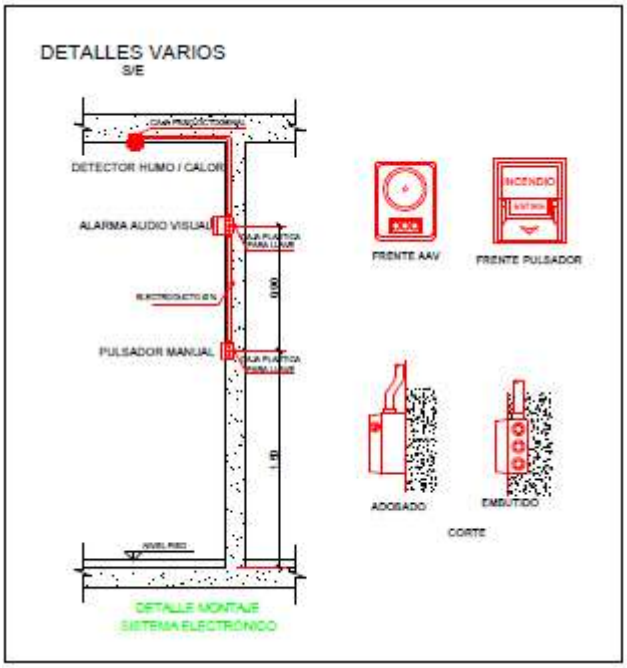
9.4.1. REFERENCIA BLOQUE CANTINA





9.5. PLANO BLOQUE ANFITEATRO



PROYECTO DE INSTALACIONES PARA PREVENCIÓN CONTRA INCENDIOS - BLOQUE ANFITEATRO	
DETECCIÓN Y ALARMAS	PLANTA BAJA SUPERFICIE: 438,78 m2
Pedro Daniel González Berutti PROYECTISTA	

9.5.1. REFERENCIA BLOQUE ANFITEATRO