

**[1]DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE SISTEMAS
ESENCIALES EN INSTALACIONES INSTITUCIONALES BASADO EN
MONITOREO REMOTO Y PROCESOS DE APOYO POR DEMANDA.
ANALISIS DE CASO CONJUNTOS RESIDENCIALES**

DAVID OSWALDO NINO ACOSTA

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS DE AQUINO
INGENIERÍA INDUSTRIAL
DIVISIÓN DE INGENIERIAS
BOGOTA D.C
2020**

**DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE SISTEMAS
ESENCIALES EN INSTALACIONES INSTITUCIONALES BASADO EN
MONITOREO REMOTO Y PROCESOS DE APOYO POR DEMANDA.
ANALISIS DE CASO CONJUNTOS RESIDENCIALES**

DAVID OSWALDO NINO ACOSTA

Proyecto de investigación para optar al título de ingeniería industrial

Director: Ingeniero Helien Parra Riveros

**UNIVERSIDAD SANTO TOMÁS DE AQUINO
INGENIERÍA INDUSTRIAL
DIVISIÓN DE INGENIERIAS
BOGOTA D.C
2020**

Nota de Aceptación:

-

-

-

-

-

-

Firma Del Presidente Del Jurado

-

Firma Del Jurado

-

Firma Del Jurado

DEDICATORIA

Este trabajo de grado va dirigido principalmente a todas las personas que fueron claves y se vieron involucradas dentro del desarrollo de este proceso de aprendizaje, todas han sido de vital importancia dentro de este proceso académico y de aprendizaje; Gracias a ellos he adquirido las competencias y la motivación para finalizar satisfactoriamente esta etapa de formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios y al universo por las oportunidades y regalos que me ha brindado a lo largo de mi vida, a mi familia que ha sido clave dentro de este proceso de formación, a mi padre principalmente por haber creído siempre en mí, por motivarme a superarme, compartirme su conocimiento, brindarme su apoyo incondicional y guiarme en el desarrollo de este proyecto.

De igual manera a toda la planta de docentes, personal y compañeros de la Universidad Santo Tomas, durante estos cuatro años de formación han cambiado de forma radical mi perspectiva y visión de la vida, han aportado de forma incalculable a mi formación y me han hecho un mejor ser humano.

Finalmente agradezco a mi director el ingeniero Helien Parra Riveros por creer en mí, guiarme, compartir su conocimiento y colaborarme, sin el este proyecto no hubiera sido posible.

TABLA DE CONTENIDO:

RESUMEN.....	11
1.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	13
2.PREGUNTA PROBLEMA:	16
3.JUSTIFICACIÓN.....	17
4.OBJETIVOS	20
4.1OBJETIVO GENERAL:.....	20
4.2OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	20
5.MARCO REFERENCIAL	21
5.1 MARCO CONCEPTUAL.....	21
5.2 MARCO TEÓRICO.....	38
6.MARCO METODOLÓGICO:.....	41
6.1 Tipo de investigación:.....	41
6.2 Diseño de la investigación:.....	41
6.3 Población:	42
6.4 Muestra:	43
7 CONTEXTO ESPECIFICO Y EN DETALLE DEL PROBLEMA	50
7.1 El problema de mantenimiento en instalaciones institucionales.....	50
7.2 Contexto del problema de mantenimiento presentado en el conjunto residencial plazuela de toscana:	52
7.3 La estrategia de mantenimiento que usualmente se emplea en las instalaciones institucionales:.....	56
7.4 La automatización como herramienta para toma de decisiones de mantenimiento:.....	58
7.5 Modelo de negocio planteado:.....	62
7.6 Principio de operación y enlace del PLC y SCADA	64
7.7 Importancia de la confiabilidad:	66
8. DESARROLLLO DE OBJETIVOS (Generalidades objetivo general)	67

8.1 Objetivo específico 1	68
8.2 Objetivo específico 2	77
8.3 Objetivo específico 3	100
9. CONCLUSIONES	104
10 BIBLIOGRAFIA.....	106
11. LISTADO DE ANEXOS:.....	111

LISTADO DE TABLAS:

Tabla 1. Técnicas de recolección de información	44
Tabla 2. Técnicas y métodos de recolección de información y análisis de información orientada a objetivos.....	46
Tabla 3. Cronograma de actividades	48
Tabla 4. Cronograma de presupuesto	49
Tabla 5. Fallas potenciales de los equipos y posibles acciones correctivas a tomar...	72
Tabla 6. Asociación dispositivos monitoreo con sistemas esenciales	78
Tabla 7 Componentes sistema hidro-flo	83
Tabla 8 Ajustes básicos de planta de emergencia.....	95
Tabla 9 Ajuste de comunicaciones controlador Planta Emergencia.....	95
Tabla 10 Parametros del motor	96
Tabla 11 Protección del motor.....	97
Tabla 12 Protección generador	98
Tabla 13 Ajustes de transferencia	98
Tabla 14 Configuración de fecha y hora	99

LISTADO DE FIGURAS:

Figura 1. Elementos estructurales de ingeniería de fábricas.....	21
Figura 2. Situaciones de las acciones preventivas	22
Figura 3. Situaciones de las acciones predictivas	24
Figura 4. Diagrama HMI/ Interfaz hombre maquina.....	32
Figura 5. PLC LOGO Siemens.....	33
Figura 6. Piramide automatización.....	35
Figura 7. Tableros eléctricos conjunto residencial.....	36
Figura 8. Diagrama sistema SCADA.....	37
Figura 9. Interfaz de control y monitoreo VT SCADA	40
Figura 10. Conjunto residencial plazuela de toscana	42
Figura 11. Relación y leyes que gobiernan sistema de mantenimiento	61
Figura 12. Interfaz programable software VT SCADA	64
Figura 13. Librería VT SCADA.....	65
Figura 14. Árbol de problemas	69
Figura 15. Árbol de objetivos.....	70
Figura 16. Diagrama de Ishikawa.....	71
Figura 17. Niveles de mantenimiento de la casa ESReDa	72
Figura 18. Sistema de agregación de servicios.....	77
Figura 19. Plataforma de monitoreo y control remoto.....	79
Figura 20 Unifilar general.....	80
Figura 21. Unifilar hidro-flo.....	81
Figura 22. Control hidro-flo	82
Figura 23. Conexión de relé térmico bajo la guía de técnico especializado.....	84
Figura 24. PLC logo instalado y listo para programar.....	85
Figura 25 Parametrización PLC	85
Figura 26 Diagrama de flujo operación PLC.....	86
Figura 27 Parte frontal analizador de red para tableros eléctricos.....	87
Figura 28 Parte trasera analizador de red usado para prueba piloto en vivienda	87
Figura 29. Analizador de red conectado al PC y red eléctrica vivienda	88
Figura 30. Grafica registro de voltaje VT SCADA.....	89
Figura 31. Grafica registro de alarmas VT SCADA	89
Figura 32. Prueba piloto en 3 fases.....	90
Figura 33 Registro de voltaje durante 6 horas.....	91

Figura 34. Representación de alarmas en 3 fases	91
Figura 35 Controlador planta de emergencia	93
Figura 36 Parte trasera controlador planta emergencia.....	93
Figura 37. Interfaz de controlador en modo automático	94
Figura 38 Interfaz con lectura de parámetros planta emergencia.....	94

RESUMEN

La calidad y continuidad en la fabricación de un producto al igual que el suministro del servicio tienen una importancia fundamental dentro un proceso productivo. Los factores que intervienen dentro de un proceso productivo son múltiples, condicionando la eficiencia y eficacia del mismo. Por esta razón es necesario tener control sobre la mayor cantidad de variables posibles, con el fin de obtener los resultados esperados al final del ejercicio en cuanto a calidad y oportunidad de entrega del producto terminado o del suministro del servicio al usuario final. Una de las acciones de tipo técnico y administrativo que permite dar continuidad al proceso productivo e impacta de forma directa en la calidad del producto o servicio, así como en los tiempos de producción, costos de fabricación y seguridad industrial, entre otros, es el mantenimiento, ya que este tiene como objetivo la preservación y restauración de sistemas o equipos involucrados en un proceso productivo a lo largo del tiempo. La importancia del mantenimiento se evidencia desde objetos simples que cumplen funciones específicas en la vida cotidiana del ser humano hasta máquinas complejas que son utilizadas en procesos industriales complejos. En el presente proyecto se presenta el mantenimiento como eje central en la continuidad y calidad del suministro de servicios esenciales en instalaciones institucionales (conjuntos residenciales) así como la diferenciación del servicio, basado en la recopilación de datos relacionados con el funcionamiento de sistemas y equipos mediante el monitoreo remoto por medio comunicación con los sistemas de automatismo. La recopilación y análisis de datos dentro de un proceso productivo es fundamental para determinar patrones, fallas e irregularidades que pueden ser corregidas a partir de la evaluación, el análisis y la toma de decisiones a posteriori que tienen un impacto profundo en el proceso productivo ya sea a corto, mediano o largo plazo.

Palabras clave: *Calidad, suministro, mantenimiento, servicio, monitoreo, sistemas.*

ABSTRACT

The quality and continuity in the manufacture of a product as well as the supply of the service are of fundamental importance within a production process. There are many factors that intervene in a production process, conditioning its efficiency and effectiveness, for which it is necessary to have control over as many variables as possible, in order to obtain satisfactory results at the end of the year in terms of quality of the finished product or supply of the service to the end user. One of the technical and administrative actions that allows to give continuity to the production process and has a direct impact on the quality of the product or service, as well as on production times, manufacturing costs, industrial safety, among others, is maintenance, since it seeks the preservation and restoration of systems or equipment involved in a production process over time. The importance of maintenance is evident from simple objects that fulfill specific functions in the daily life of human beings to complex machines that are used in complex industrial processes. In this project, maintenance is presented as the central axis in the continuity and quality of the supply of essential services in institutional facilities (residential complexes) as well as the differentiation of the service, based on the collection of data related to the operation of systems and equipment through remote monitoring by means of automation systems (PLC). The collection and analysis of data within a production process is essential to determine patterns, failures and irregularities that can be corrected from the evaluation, analysis and subsequent decision-making that have a profound impact on the production process either short, medium or long term.

Keywords: *Quality, supply, maintenance, service, monitoring, systems.*

1.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

EL PROBLEMA DE MANTENIMIENTO EN INFRAESTRUCTURA INSTITUCIONAL

Los sistemas asociados a servicios esenciales en edificios institucionales y de vivienda de propiedad horizontal no resultan ser muy diferentes de los que se encuentran en pequeñas facilidades industriales y en esa medida, en teoría, se podrían aplicar sin mayores cambios las mismas estrategias de mantenimiento que se usan en la industria. No obstante, por su naturaleza no productiva (al menos de manera directa), existen serias limitaciones de tipo presupuestal y logístico para poder aplicar estrategias siquiera parecidas a las que son normales en una instalación productiva .

En este documento se plantea una alternativa para implementar un esquema de mantenimiento de equipos y subsistemas asociados a servicios esenciales en edificios institucionales y de vivienda basado en monitoreo remoto la cual se enmarca dentro de la línea de mejoramiento de procesos, en combinación con apoyo técnico calificado por demanda. Este enfoque está orientado a servir como base para la estructurar una estrategia viable y eficaz de mantenimiento que permita garantizar la preservación y la disponibilidad de los equipos servidos a pesar de las restricciones de recursos económicos, técnicos y humanos que normalmente prevalecen en el ámbito de la gestión administrativa de edificios institucionales y de vivienda [2]

El caso de estudio que se presenta corresponde a una unidad residencial, pero el esquema planteado puede extenderse sin modificaciones de fondo a cualquier edificio e/o infraestructura institucional (edificios de oficinas, centros de negocios, centros comerciales, edificios de instituciones educativas, etc) así como pequeñas o medianas industrias.

La forma en la que se hallan implementados los sistemas asociados de instalaciones institucionales (conjuntos residenciales) presentan una situación bastante particular en cuanto a su mantenimiento de sus servicios esenciales ya que ello implica un esquema mixto en el que la calidad y estabilidad de los mismos no depende exclusivamente de las compañías prestadoras de servicios públicos y su interacción con los usuarios individuales registrados ante ellos, sino que también depende de una infraestructura interna que es propia de predio y que, por tratarse de un bien común se encuentra bajo la responsabilidad del ente de administración correspondiente (este es el caso del sistema de distribución de energía eléctrica de la planta de autogeneración, del sistema de presurización y distribución de agua potable, del sistema de distribución y recolección de

bombeo de agua servidas del sistema de distribución de gas , de las redes de comunicaciones y de las redes. . Así, por ejemplo, la calidad y continuidad del servicio de agua potable en un edificio de apartamentos no solo depende de la compañía de acueducto y alcantarillado y de las condiciones de la red interna de la unidad residencial, sino que también depende de la condición del tanque de almacenamiento, del sistema de bombeo interno (el cual es necesario dadas las condiciones de presión con que llega el agua en el punto de conexión con la red pública) y, en general, del sistema de distribución de aguas blancas del Edificio. [3] El hecho es que, bajo el esquema que se tiene previsto según la normatividad vigente, las administraciones manejan un conjunto de asuntos bastante disímiles, dentro del cual se incluyen, de manera por demás accesoria, las actividades de mantenimiento de las redes internas de aguas blancas, aguas negras, energía eléctrica y gas teniendo en todos los casos dos fronteras muy bien definidas:

- a) El punto de conexión con la red externa
- b) El punto de conexión con la instalación interna de la unidad del usuario.

Es claro que en el caso de una falla ocurrida aguas arriba de la conexión con la red externa se trata de un problema de un ente exterior que tiene la responsabilidad de rehabilitar el servicio bajo unas condiciones bastante exigentes definidas en la Ley de Servicios Públicos y que, para el caso de un inconveniente ocurrido aguas abajo del punto de conexión con la instalación interna del usuario, la intervención le corresponde a este último, so pena de asumir las consecuencias de la falta del servicio (Decreto 441, 2020). No obstante, en medio de las fronteras mencionadas se encuentra una porción igualmente crítica para la continuidad y calidad del servicio y su mantenimiento es responsabilidad exclusiva del ente administrador. [3]A continuación, se mencionan los subsistemas que se pueden considerar como esenciales en edificios institucionales y de propiedad horizontal.

- Sistema de distribución de energía eléctricas:
- Sistema de iluminación.
- Sistema de generación de emergencia
- Sistema de suministro de emergencia para equipos sensibles (UPS´s)
- Sistema de distribución de gas (conjunto de tuberías de distribución y accesorios de corte y regulación)
- Sistema de presurización hidroneumático
- Sistema de comunicaciones (televisión, telefonía, citofonía, etc)
- Sistema de control de acceso, alarma y vigilancia remota.
- Sistema contra incendio.
- Sistemas de calefacción y aire acondicionado

Un hecho que muestra el impacto de la densificación urbana es el incremento del número de unidades de propiedad horizontal que se construyeron desde el año 2008 al año 2018: Para el año 2008 el número de unidades de propiedad horizontal era de 939.077 y para el año 2018 alcanzo 1.513.692 unidades, representando un incremento del 61% [4]. Para el año 2008 Bogotá contaba con 334.190 predios de estrato 3 y 242.128 estrato 4 sin tener en cuenta las propiedades estrato 5 y 6, cifras que han ido en incremento. Bajo esta perspectiva se puede afirmar que la cantidad de sistemas esenciales de conjuntos residenciales ha ido en incremento conforme al paso del tiempo y ello implica necesariamente una mayor demanda de servicios de mantenimiento y reparación, si esta demanda creciente no se satisface con un servicio de calidad muchos de estos pueden estar sujetos a fallas o problemas continuos que van a generar aun una mayor demanda.(esto deriva en problemas del equipo que afectan su vida útil a corto plazo y en la afectación del servicio, con las consecuencias que esto puede implicar al usuario). [5]

El mantenimiento es un pilar fundamental en la ingeniería industrial dentro de la cadena productiva ya que este hace posible que los sistemas asociados a un proceso de manufactura o al suministro de un servicio operen de acuerdo con los criterios bajo los cuales fueron seleccionados, adquiridos o instalados, en esa medida tiene un impacto no solo desde los puntos de vista de eficiencia y rentabilidad sino también desde el punto de vista de calidad. [6]

Mediante la gestión de procesos es posible alcanzar un nivel de eficiencia y confiabilidad elevado en los sistemas esenciales a tratar gestionando las actividades y a la vez los recursos involucrados dentro del proceso, además es posible mediante un plan estratégico de servicio y manuales de procedimientos dar mejora los estándares establecidos en el manejo y monitoreo de equipos de sistemas esenciales en instalaciones institucionales, permitiendo de esta forma la minimización de riesgo de falla o daño por intervención no programada. [7] Es necesario entender y aplicar el mantenimiento como una actividad diseñable que entre a reducir el factor de falla, evite pausa en la prestación del servicio, para efectos de mejora en la prestación, suministro y calidad del servicio.

2.PREGUNTA PROBLEMA:

¿Cuáles son las características de un programa de mantenimiento basado en el monitoreo remoto de sistemas esenciales en instalaciones industriales que permita hacer un seguimiento preventivo de sus fallos y programar respuestas de intervención basado en la demanda?

3.JUSTIFICACIÓN

Los conjuntos residenciales tienen una constante demanda de servicios públicos la cual suplen los sistemas asociados al suministro de esenciales por medio de un correcto funcionamiento, el cual solo se da si el sistema a nivel general está en óptimas condiciones y todo está funcionando de forma correcta. [8] Las alternativas que existen actualmente para verificar que un sistema asociado a servicios esenciales este en óptimas condiciones son reducidas y mediocres, lo cual ocasiona daños inminentes interrumpiendo de esta forma la buena prestación del servicio que se traduce en pérdidas económicas y problemas para la administración delegada además de afectación en el bienestar de los residentes dentro de la instalación institucional (conjunto residencial). Es notable el hecho de que la eficiencia de un sistema productivo va de la mano con la automatización y un buen plan de mantenimiento. Bajo esta perspectiva y tomando como ejemplo la industria actual se encuentra que la eficiencia de los sistemas asociados en la tarea de suministro de servicios esenciales, tiene un amplio margen de mejora si se aplica automatismo y un plan estructurado de mantenimiento basado en la recolección y análisis de información de datos relacionados con el funcionamiento de los equipos de los sistemas asociados. [9]

El mantenimiento es el conjunto de acciones que permiten garantizar la correcta operación y la adecuada disponibilidad de los recursos físicos involucrados en un sistema de producción llegando al resultado esperado buscando el mayor nivel optimización posible. La eficacia del mantenimiento depende de la buena planeación, análisis de disponibilidad de recursos, un buen manejo costos y resultados. De esta forma es factible afirmar que el mantenimiento tiene un impacto directo en la calidad del producto o servicio. En este caso la realización adecuada de mantenimiento, mediante planes correctamente estructurados aplicables a los equipos de los sistemas asociados al suministro de servicios esenciales, concluye en la mejora de la calidad y continuidad del servicio y por consiguiente en la satisfacción usuarios finales. [10]

Los requerimientos de mantenimiento de equipos de sistemas asociados al suministro de servicios esenciales, en la actualidad están siendo atendidos en la mayoría de los casos por empresas muy pequeñas que no disponen ni de los recursos técnicos ni del personal capacitado necesarios para adelantar una gestión adecuada, así lo usual es que por reducir costos se trabaja solo sobre emergencia y aun en aquellos casos en los que hay practicas predictivas es usual que las instalaciones se degraden rápidamente a través del tiempo por malas prácticas de mantenimiento, haciendo de esta forma que la confiabilidad sea baja, la redundancia original se pierda y los costos de mantenimiento se vuelvan exorbitantes ya que se trabaja siempre sobre emergencias haciendo que luego de determinado lapso de tiempo se opte por reemplazar completamente la instalación dando inicio a un nuevo ciclo de equívocos. [11]

El núcleo del problema es el siguiente: si bien los sistemas asociados al suministro de servicios esenciales de la infraestructura de propiedad horizontal (conjuntos residenciales), o de uso institucional, no son particularmente sofisticados, en la práctica involucran componentes que requieren mano de obra calificada para efectos de su intervención y mantenimiento adecuados. El hecho es que la cantidad de equipos y sus requerimientos de mantenimiento en el tiempo no ameritan desde el punto de vista de costos, disponer de una base permanente de personal calificado para atenderlos, como si sucede en la industria, aparte de que su funcionamiento en si mismo no es considerado como un negocio, ni por los usuarios individuales, ni por la administración. En el fondo, el asunto se puede visualizar como un problema de mantenimiento que debe ser resuelto a toda costa (por la importancia fundamental de los servicios que están en juego, tales como suministro de agua potable, electricidad, gas y, en algunos casos, manejo de aguas residuales) ello a pesar de altísimas restricciones de presupuesto y de recursos humanos calificados impuestas por el medio y por las circunstancias. [9]

La creciente demanda de servicios de mantenimiento, inspecciones y reparaciones en sistemas esenciales de instalaciones residenciales se encuentra evidenciada en las cifras de crecimiento de conjuntos residenciales que han tenido un aumento del 61% desde el año 2008 hasta el año 2018 pasando de pasando de 939.077 a 1.513.692, dato que es conveniente y da muestra de la factibilidad en lo referente a la planificación y ejecución del presente proyecto de investigación que tiene como propósito la mejora en la prestación del servicio de mantenimiento, seguimiento y monitoreo de equipos que hacen parte de los sistemas asociados al suministro de servicios esenciales mejorando de esta forma la confiabilidad del sistema a nivel general. [12] El mercado potencial para la prestación del servicio de monitoreo inalámbrico y procesos de apoyo por demanda son los conjuntos residenciales estrato 4 y 5 en un principio puesto que cuentan con el presupuesto para la realización del montaje correspondiente de equipos para monitoreo además de la adquisición del servicio de monitoreo y procesos de apoyo por demanda mensualmente para la mejora y continuidad del suministro de servicios esenciales que se apoyan en el correcto funcionamiento de los sistemas asociados . [9]

Desde el ámbito de la gerencia del servicio, la conclusión del proyecto de investigación de forma satisfactoria supone un punto de partida para el desarrollo de una estrategia de servicio, aplicable a gran escala en instalaciones institucionales (conjuntos residenciales), que se destaque y posea un factor diferenciador en el mercado haciendo mucho más llamativa la prestación del servicio bajo la modalidad de automatismo, monitoreo y planes de mantenimiento para sistemas asociados al suministro de servicios esenciales que la prestación del servicio de mantenimiento bajo la modalidad actual. Uno de los aspectos más importantes y destacados, que tiene amplia influencia en la factibilidad y tangibilidad del objetivo del proyecto de investigación es la diferenciación del mercado, la cual va vinculada a la calidad del servicio y

reducción de costos para el cliente final que en este caso son las administraciones delegadas de los conjuntos residenciales, encargadas en principio de administrar y gestionar de forma adecuada los sistemas asociados al suministro de servicios esenciales por medio de la subcontratación de personal idóneo para labores de mantenimiento, manejo de presupuestos y toma de decisiones en caso de situaciones de emergencia relacionadas con el manejo de los sistemas asociados. [13]

El esquema de mantenimiento tercerizado planteado en este proyecto se encuentra disponible en el mercado actual, pero sin el enfoque de apoyo tecnológico para racionalizar y optimizar recursos físicos y humanos en las intervenciones lo que constituye un aspecto sujeto a mejora. Adicional a lo planteado otro factor que requiere mejora es el nivel de calificación de personal técnico que realiza las intervenciones de mantenimiento con el fin de evitar imprevistos que afecten la integridad de los equipos intervenidos.

Este proyecto tiene como fin el desarrollo de investigación de un programa de mantenimiento de sistemas esenciales en instalaciones institucionales para efectos de determinar la viabilidad del desarrollo del proyecto como línea de negocio en una empresa familiar especializada en el área de mantenimiento industrial. Para la parte relacionada con electrónica del proyecto se ha recibido asesoramiento por parte de un Ingeniero senior egresado de la universidad de los Andes, así como en aspectos relacionados con el mantenimiento. Un argumento fuerte que sustenta la viabilidad del proyecto es la similitud que hay entre sistemas esenciales a nivel industrial con los existentes dentro de la propiedad horizontal (conjuntos residenciales), lo que hace aplicables modelos usados para mantenimiento en la industria en este sector que cuenta con poco respaldo en lo concerniente a servicios especializados de mantenimiento. Adicional mediante el desarrollo del presente proyecto se busca mostrar la importancia de orientar el perfil del Ingeniero Industrial de la Universidad Santo Tomas de Aquino hacia el área de mantenimiento ya que es determinante en la estabilidad de cualquier sistema productivo, la calidad de los productos o servicios y la reducción de costos.

La gestión de calidad tiene gran peso lo referente al proceso productivo ya que permite planear, ejecutar y controlar a las actividades necesarias para el desarrollo del producto, así como el suministro del servicio de forma satisfactoria al cliente final. El diseño del programa de mantenimiento para sistemas esenciales en instalaciones institucionales basado en monitoreo remoto y proceso de apoyo por demanda requiere una amplia planeación, así como la ejecución y el control de las actividades necesarias para el desarrollo de los objetivos del programa de mantenimiento estableciendo una relación directa con la gestión de calidad la cual posee una relación arraigada con el proceso productivo de una línea de proceso y la ingeniería industrial. [14]

4.OBJETIVOS

4.1OBJETIVO GENERAL:

Diseño de un programa de mantenimiento basado en monitoreo remoto y procesos de apoyo por demanda, que responda con las necesidades de sistemas esenciales de instalaciones institucionales (conjuntos residenciales), evaluando su funcionalidad en la gestión de mantenimiento a cargo de las administraciones delegadas.

4.2OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Identificar las fallas potenciales de los equipos a monitorear y establecer los planes de mantenimiento más congruentes con las necesidades de los mismos.
2. Desarrollar la plataforma sensorica de los equipos y la parametrización del Software SCADA para la lectura de datos enviados por el PLC, así como la programación de alarmas de falla en los equipos.
3. Definir el conjunto procesos y procedimientos para establecer el sistema de respuesta ante emergencia, así como los perfiles que responden necesidades para el mantenimiento.

5.MARCO REFERENCIAL

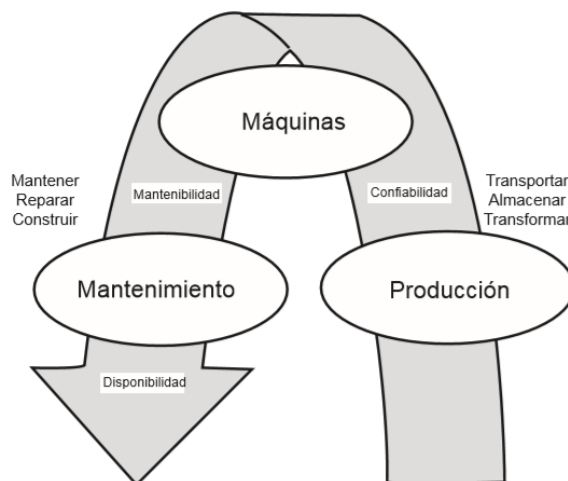
5.1 MARCO CONCEPTUAL

Mantenimiento:

El mantenimiento es el proceso mediante el cual se manipula un objeto o bien determinado con el fin de que el paso del tiempo, el uso ya sea continuo o eventual y el cambio de circunstancias externas no lo afecten ya sea física o funcionalmente. La mayoría de objetos y/o bienes que cumplen con una función específica pueden requerir mantenimiento, sin embargo, en unos es más indispensable que en otros, especialmente en los que son necesarios para la producción de bienes o servicios.

En el caso específico de una industria la maquinaria de la cual depende la producción dependiendo del tamaño de la misma cuenta con personal para asegurar el correcto funcionamiento dependiendo del tamaño de la línea de proceso y la tasa de fallas o los requerimientos de mantenimiento que en muchos casos puede hacer que la industria prescindiera de tener personal de mantenimiento por el elevado costo que supone y lo maneje por subcontratación en determinados momentos.

Figura 1. Elementos estructurales de ingeniería de fábricas.



Fuente: [9] Pag 52

Mantenimiento preventivo:

El mantenimiento preventivo se basa en una intervención de forma sistemática del equipo a pesar de que este no de señales de desgaste o error teniendo en cuenta los puntos de mayor vulnerabilidad del equipo a intervenir con el fin de plantear el mantenimiento de forma oportuna con el fin de no llegar a tener que realizar una reparación por cuenta de un daño grave. La aplicación del mantenimiento preventivo de forma efectiva requiere de una buena planificación de mantenimiento industrial. [15]

Dentro de las acciones preventivas el aspecto más importante es el estado inicial, en cuanto a la condición de funcionalidad y previo a la situación fuera del estándar. El mantenimiento preventivo se lleva a cabo mediante la aplicación de un sistema de inspecciones periódicas que se programan de forma racional y objetiva hacia la planta, los sistemas y los equipos. El propósito que se tiene con estas inspecciones es hallar condiciones o estados inadecuados en los elementos inspeccionados que a corto o largo plazo pueden generar pausas en la producción o un deterioro que genere un alto impacto en las maquinas y/o equipos, así como sistemas asociados, realizando de forma constante y permanente el mantenimiento correspondiente por medio de la realización de ajustes y reparaciones, para dar con fallas potenciales en su estado inicial. [9]

Mediante el mantenimiento predictivo se conoce el estado actual de los equipos inspeccionados, mediante registros de datos de control llevados a cabo en conexión con otros departamentos, para la realización de las labores preventivas en el momento más idóneo.

La labor de mantenimiento preventivo se puede dar basada en el tiempo y basada en la condición de desgaste dando como resultado en orden correspondiente un mantenimiento preventivo sistemático y mantenimiento preventivo condicional [9]

Figura 2. Situaciones de las acciones preventivas



Fuente: [9] Pag 432

Mantenimiento correctivo:

El mantenimiento correctivo se basa en corregir las fallas o errores del equipo a tratar conforme estas vayan apareciendo como resultado del uso o desgaste conforme al paso del tiempo [15]. El mantenimiento correctivo puede ser planificado dándose cuando el desgaste ha sido previsto y está dentro del plan de mantenimiento industrial o no planificado que se da cuando la falla se da de forma inesperada o antes del tiempo previsto.

Las piezas y equipos se llevan al final de su vida útil, avería y se busca recuperar la función que tenía inicialmente, reemplazando las piezas averiadas sin realizar un análisis profundo de la causa raíz del conflicto, dejando a un lado los tiempos administrativos, así como los tiempos logísticos. [9]

Este tipo de mantenimiento se da a corto plazo y para garantizar su eficacia es necesaria una buena y pronta reacción que conduzca a la reparación de averías. El inconveniente que presenta este tipo de mantenimiento es que la detección de fallas se da principalmente cuando el equipo está en servicio ya que su capacidad de operar de forma normal ya sea al momento de puesta en marcha o durante la operación de mismo. [9] Existen síntomas como lo son vibraciones anormales y excesivas, ruidos fuera de lo normal, temperaturas altas, fugas de fluidos entre otros que denotan la existencia de problemas, así como la necesidad de la ejecución de mantenimiento correctivo.

Los tipos de labores no planeadas relacionadas con el mantenimiento correctivo son el desvare que se basa en reparar de forma inmediata el equipo o sistema averiado para devolverlo a su condición de operación, [9] pero no a sus condiciones estándar todo esto con el fin de no dar una pausa prolongada al sistema y la reparación correcta y definitiva para devolver el equipo o sistema a sus condiciones estándar de operación.

Mantenimiento predictivo:

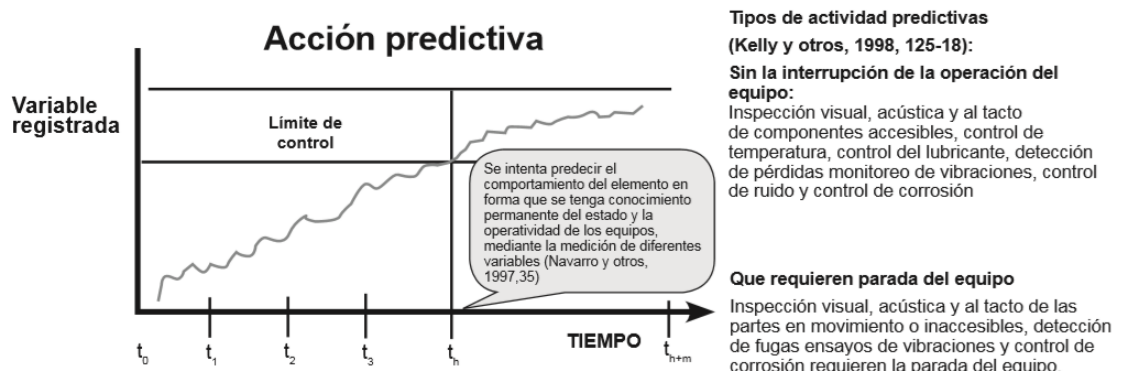
El mantenimiento predictivo requiere un efectivo plan de mantenimiento ya que se realiza un análisis constante del equipo con el fin de descubrir si las variables de los equipos a intervenir cambian con el fin de predecir las fallas y errores que se puedan dar. En este caso es necesario realizar mediciones al equipo con el fin de saber los parámetros normales con el fin de observar variaciones que puedan indicar un posible problema. [15]

Mediante el mantenimiento predictivo se estudia la evolución de determinados parámetros de los sistemas o equipos con el fin de establecer una relación con la ocurrencia de fallas para la determinación del periodo de tiempo en el cual se darán situaciones fuera de los estándares normales de operación de los equipos o sistemas, con el fin de planificar y programar las labores relacionadas a correcciones para que una falla no tenga consecuencias graves ni genere pausas imprevistas en la operación de los equipos o sistemas. [9]

Mediante cálculos matemáticos, estadísticos, correlativos, aleatorios entre otros se busca la predicción de comportamiento del sistema con base en un registro de datos de parámetros llevado con anterioridad en relación a la operación del sistema para el establecimiento de proyecciones acertadas que permitan hacer un diagnóstico temprano.

El mantenimiento predictivo se basa en el conocimiento permanente del estado, así como la operatividad de los equipos por medio de la medición de diferentes variables que bajo control determinan la aplicación del mantenimiento predictivo. Su principal ventaja es la velocidad de detección de una falla de forma anticipada, lo que le da superioridad sobre otros tipos de mantenimiento optimizando más los recursos, sin embargo, supone la realización minuciosa de estudios y modelos de proyección que a corto plazo suponen un alto costo para la organización. [9]

Figura 3. Situaciones de las acciones predictivas



Fuente: [9] Pag 434

Mantenimiento basado en confiabilidad:

El mantenimiento basado en confiabilidad es una técnica para elaborar un plan de mantenimiento dentro de una instalación industrial presentando una serie de ventajas sobre otras técnicas de mantenimiento. El objetivo de esta es aumentar

la fiabilidad de la instalación disminuyendo el tiempo de parada de planta por daños o fallas imprevistas que impidan cumplir los planes de producción [16]. El propósito del mantenimiento basado en confiabilidad es así mismo es aumentar la disponibilidad de los equipos que están utilizándose durante la producción, así como los costos de mantenimiento.

La metodología de mantenimiento centrado en confiabilidad permite elaborar planes de mantenimiento que congreguen tipos de mantenimiento como el preventivo, predictivo entre otros. Mediante el RCM se organizan las actividades de gestión de mantenimiento para el desarrollo de programas organizados que se basen en la confiabilidad de los equipos o sistemas, asegurando un plan de mantenimiento que sea efectivo y además tenga como objetivo central la confiabilidad original para la manutención de equipos o sistemas. Mas allá de la identificación de las labores de mantenimiento mediante el RCM se analiza el riesgo en sistemas y equipos complejos [17].

Gracias al RCM es posible establecer un proceso sistemático de análisis que asegure la confiabilidad y seguridad de operación del equipo o sistema buscando el menor costo posible, figurando como una buena estrategia en la gestión de activos de una organización [17].

Generalidades del mantenimiento:

El esquema o plan de mantenimiento es diferente en todas las organizaciones de tipo industrial en Colombia y a nivel mundial ya que este se realiza con base al estudio del costo-beneficio que supone la realización del plan de mantenimiento de xy forma además de los requerimientos de cada sistema, sin embargo hay industrias que comparten características en común en cuanto a las especificaciones y utilización de equipos que hacen que los planes de mantenimiento puedan ser similares o aplicables de forma “compartida”. En Colombia se da una situación particular en la cual el plan de mantenimiento en un gran porcentaje de organizaciones de tipo industrial es deficiente ya que no hay una buena planificación además de que se llevan los equipos a límite de falla generando de esta forma un desgaste acelerado así como perdida significativa de tiempo vida útil de los equipos utilizados lo que conlleva a incurrir en sobrecostos de operación y pérdidas económicas que pueden tener un mayor o menor impacto dependiendo de la organización. No existe un plan de mantenimiento ideal ya que este ajusta dependiendo de los requerimientos de cada empresa y el presupuesto, sin embargo un análisis puntual de las condiciones de operación de los equipos, su entorno, sus características, el uso, la tasa de falla y la manipulación que estos tienen pueden brindar una noción acertada del plan de mantenimiento a seguir en la cual se puede aplicar un tipo de mantenimiento u otro así como la combinación de los mismos que da como resultado un plan de mantenimiento bien estructurado que preserva y prolonga el funcionamiento y vida útil de los equipos utilizados. [9]

En la práctica, una falla funcional se puede definir como la incapacidad total o parcial de un activo o sistema para desempeñar su función de acuerdo con el estándar de rendimiento aceptable según sus características originales y/o el comportamiento definido por el usuario. Lo anterior implica que una reducción de capacidad por ejemplo o una variación en un estándar operativo se considera como una falla independientemente de que no se esté hablando de una salida total de servicio. [9]

Confiabilidad:

La confiabilidad se define como la frecuencia con la cual se dan fallas en un equipo durante el transcurso del tiempo. El hecho de que no ocurran fallas indica que el equipo es 100% confiable, si la ocurrencia (frecuencia) de fallas es baja la confiabilidad será media y si es muy alta la ocurrencia de fallas entonces la confiabilidad será baja [9]. Un equipo con buen diseño, buen montaje, pruebas correctas y un buen plan de mantenimiento no debería fallar nunca sin embargo en la aplicación a pesar de que los equipos se encuentren en las mejores condiciones estos fallan alguna vez.

Calidad:

La calidad se puede definir como el conjunto de características que satisfacen tanto las necesidades como demandas de los clientes, sin deficiencias, mediante la uniformidad y fiabilidad al menor coste posible. Es el desarrollo, diseño y suministro de un producto o servicio de forma satisfactoria y con estándar alto para el consumidor final. En el caso específico de un servicio para que este sea de calidad el suministro debe ser uniforme, constante y acorde a las necesidades del cliente y a lo ofrecido al momento de adquisición de la prestación del servicio por parte del cliente. [18] La calidad es un factor clave que juega un papel de suma importancia en la satisfacción del cliente, es decir, si la calidad de un producto o el suministro de un servicio es baja la satisfacción del cliente también será baja y de forma inversa si la calidad de un producto o el suministro de un servicio es alta, la satisfacción del cliente será alta.

Mantenibilidad:

Es la probabilidad de que un equipo o sistema pueda regresar a su estado de operación normal posterior a una falla, interrupción productiva por medio de una reparación en la que van involucradas tareas de mantenimiento con el fin de eliminar las causas inmediatas que dan lugar a la parada del equipo o sistema. Se hace referencia a la normalidad del equipo o sistema en el aspecto físico y funcional posterior al proceso de restauración. [9]

Para restaurar el nivel de confianza en el aspecto de funcionabilidad es necesario realizar la labor de mantenimiento con personal adecuado con las capacidades y habilidades necesarias, herramientas adecuadas y además los datos e información adecuada, información acerca de las especificaciones de los equipos, condiciones de entorno y ambientales en los que se encuentran inmersos los equipos y sistemas.

En la mantenibilidad está asociada la facilidad con la cual un equipo o sistema puede ser reparado, las condiciones bajo las que funciona normalmente, las modificaciones realizadas durante su ciclo de vida útil, las intervenciones realizadas con anterioridad, la capacidad de operación, confiabilidad, todos los mantenimientos realizados, los lineamientos legales, los repuestos, la condición estética entre otros aspectos. [9] Su forma más simple de medir es mediante los tiempos utilizados en diferentes restauraciones, reparaciones o actividades relacionadas con el mantenimiento para llevar el equipo o sistema a las condiciones normales de operación.

Desempeño satisfactorio:

Son los criterios de tipo específico necesarios para llevar a cabo una operación satisfactoria y la combinación de factores de tipo cualitativo y cuantitativo que definen las funciones y las condiciones que un sistema o equipo deben lograr de acuerdo a las especificaciones del sistema. Implica conocer cuando el equipo o sistema falla y ya no se desempeña de forma satisfactoria. [9]

Condiciones de operación:

Las condiciones de operación son las circunstancias y/o condiciones esperadas del funcionamiento de equipo incluyendo elementos como lo son la ubicación geográfica, el medio ambiente, vibraciones, almacenamiento, transporte, empaque entre otras. La mantenibilidad tiene un alto impacto e influencia en las condiciones de operación. [9]

Mejoramiento continuo:

El mejoramiento continuo es la optimización de factores tanto de producción como de mantenimiento por medio de un análisis permanente de actividades, procesos y macroprocesos. [9] El propósito del mejoramiento continuo es eliminar tiempos de demora, controlar, eliminar fallas, minimizar costos, elevar el nivel de servicio, mejorar la productividad, rentabilidad, competitividad y

adicional mejoras principalmente en el área de mantenimiento, calidad y producción .

El mejoramiento continuo tiene una gran importancia para el mantenimiento hacia el servicio centrado en el cliente, las 5S, TPM , calidad total, la cultura de cambio permanente entre otros aspectos que son de suma importancia para el desarrollo de una organización. [9] Para la mejora continua es de suma importancia:

- El cumplimiento de condiciones básicas de limpieza, engrasado, ajuste entre otros...
- Respetar condiciones de utilización.
- Reparación de averías.
- Mejora de defectos de diseño.
- Mejora de condiciones de operación, producción y mantenimiento.

Fiabilidad:

Es la suficiencia y probabilidad de un sistema para desarrollar las funciones especificadas sin inconvenientes, cuando hay uso en determinadas circunstancias y periodos de tiempo. Esta suficiencia depende factores como lo son el mantenimiento, condiciones de operación, entorno entre otros. Así mismo hay una relación con la disminución de averías en los equipos, la fiabilidad se entiende como la capacidad para identificar los problemas y la reparación de los equipos antes de que el departamento de operaciones haga la advertencia de que algo no funciona. [19] La fiabilidad trae como resultado una reducción en las paradas para la reparación de los equipos, la constancia de los equipos es mayor, así como su eficiencia.

SISTEMAS Y EQUIPOS ASOCIADOS A SERVICIOS ESENCIALES EN INSTALACIONES INSTITUCIONALES Y RESIDENCIALES:

Sistema de distribución de energía eléctrica:

Es el sistema encargado de suministrar energía eléctrica a cada uno de los usuarios finales que en el caso de un conjunto residencial sería cada uno de los propietarios por medio de una serie de elementos como lo son circuitos primarios, secundarios, el tablero de distribución en el cual se encuentran los dispositivos de conexión, maniobra, comando, medición, protección, alarma y señalización lo cuales tienen una función específica dentro del sistema eléctrico. [20]

Sistema de iluminación:

Es la consolidación de dispositivos lumínicos como lo son bombillos, lámparas y luces led que se encargan de proveer luz en zonas donde la entrada de radiación solar es baja y a nivel general en todas las partes de las instalaciones para efectos de brindar visibilidad en horas de la noche donde la radiación solar es nula. [21]

Sistema de generación de emergencia:

El sistema de generación de emergencia se encuentra conformado principalmente una planta eléctrica de emergencia la cual es usada en sistemas de distribución que usa dos o más fuentes de alimentación con el fin de mantener el suministro de energía eléctrica sin interrupciones. La planta eléctrica se encuentra conformada por un motor de alta potencia asociado directamente a un generador, [22] el funcionamiento de esta depende de combustible tipo ACPM.

La planta de emergencia entra a operar en caso de corte de energía, bajas en la tensión y en caso de fallas en la red eléctrica.

Sistemas de suministro ininterrumpido de energía para cargas sensibles (UPS's)

Los sistemas de suministro ininterrumpido de energía para cargas sensibles tienen unos requerimientos muy particulares en cuanto a su confiabilidad (disponibilidad ante falla) y en cuanto a la estabilidad y calidad de la energía entregada a las cargas servidas. En esencia se componen de una etapa de rectificación, un clúster de baterías y un inversor regulado [20]. Estos sistemas desempeñan una doble función: garantizar que las cargas asociadas reciben una tensión totalmente estable en régimen normal (con variaciones acotadas muy por debajo de los límites establecidos por el código de red) y mantener la alimentación de cargas críticas ante la ausencia de la red principal sin detrimento de la calidad de la energía suministrada. Son particularmente críticos en las instalaciones institucionales porque están asociados a la alimentación de sistemas de seguridad y centros de datos.

Sistema de distribución de gas (conjunto de tuberías de distribución y accesorios de corte y regulación)

El sistema de suministro de gas se encuentra conformado por gasoductos de transporte que poseen derivaciones asociadas a las redes de distribución que

son un conjunto de tuberías que poseen un menor diámetro y baja presión de diseño que llevan el gas natural hasta los usuarios finales con la presión necesaria para el [23] óptimo suministro del servicio. El suministro de gas al igual que los elementos involucrados son responsabilidad de VANTI la empresa encargada del suministro de gas natural.

Sistema de presurización hidroneumático

El sistema de presurización hidroneumático o sistema hidroflo es el sistema encargado de suministrar agua a presión a los diferentes niveles de un edificio, ya que la presión del agua proveniente del sistema de acueducto no es la suficiente. Este sistema se encuentra conformado principalmente por bombas de agua y el sistema de tuberías con base a los requerimientos del sistema a nivel general. Las bombas de agua varían su tamaño dependiendo de la presión requerida en las instalaciones en las que se encuentre ubicadas y se encuentran sujetas a fallas constantes en casos donde no hay un buen monitoreo y control de estas. [24]

Sistema de comunicaciones (televisión, telefonía, citofonía, etc)

Es el conjunto de elementos que se encargan del suministro del servicio de televisión, telefonía, internet mediante elementos como lo son centros de redes y cables de fibra óptica entre otros. La gestión y administración de los sistemas de comunicaciones son responsabilidad absoluta del ente encargado del suministro del servicio que puede ser ETB, Claro, Une entre otros...

Sistema de control de acceso, alarma y vigilancia remota.

Se encuentra conformado por elementos que hacen posible asegurar la parte interna del conjunto residencial, brindando un nivel de seguridad a los propietarios que depende principalmente del número de cámaras instaladas dentro del sistema, la disposición de las alarmas y sensores de movimiento que aseguren el perímetro, el nivel de sofisticación del control de acceso además de su correcto funcionamiento y utilización y finalmente los controles de acceso al parqueadero [25]. Un alto nivel de integración de este sistema garantiza una mayor seguridad para el conjunto residencial o instalación institucional que lo posea, adicional la operación y correcto funcionamiento de este sistema es responsabilidad de la empresa prestadora del servicio de seguridad.

Sistemas contra incendio:

Los sistemas contra incendio permiten detectar la ocurrencia de conflagraciones en las edificaciones y disponer del medio de extinción requerido para

controlarlas. En esencia, para el caso que nos ocupa se tienen dos componentes principales:

- a) Sistema de detección y alarma
- b) Sistema de suministro del medio de extinción (usualmente bombas de agua y en casos más sofisticados sistemas involucrando mezcla de agua con químicos y bombeo).

Si bien se trata de sistemas que no operan con regularidad, su disponibilidad es crítica desde el punto de vista de seguridad de las personas y de las instalaciones físicas.

Generalidades de los sistemas y equipos asociados:

Los equipos y sistemas asociados a servicios esenciales en una instalación institucional no presentan diferencias notables en cuanto a la estructura ni en los requerimientos de mantenimiento con relación a lo que se maneja en la industria:

- A) Los sistemas de distribución de energía son semejantes, salvo el hecho de que en las instalaciones institucionales las capacidades en régimen y las características de corte (capacidad de cortocircuitó) son menores que las que se encuentran en la mayoría de las instalaciones industriales
- B) Los equipos de generación de emergencia involucrados en los dos tipos de instalaciones no muestran diferencias importantes en sus características
- C) Los sistemas de bombeo de los sistemas hidro-flo o las bombas contra incendio son del mismo tipo de los usados en la industria salvo los niveles de potencia de los equipos y la variedad en los fluidos involucrados en el proceso.

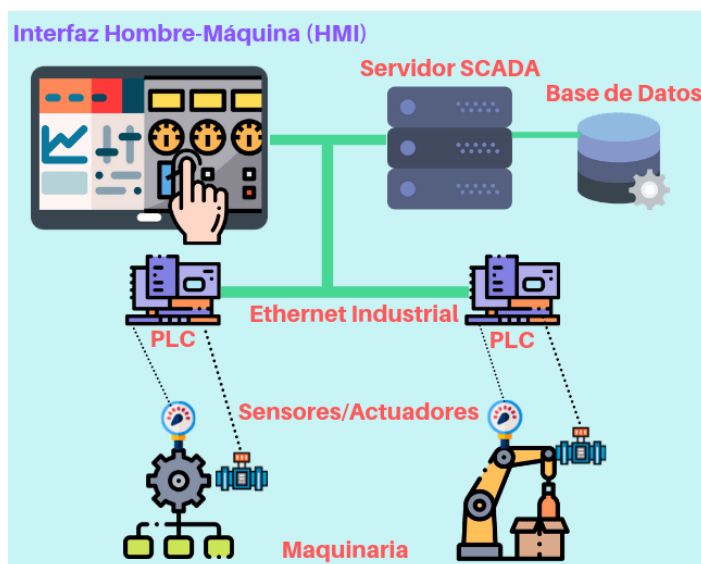
El sistema de monitoreo y control de equipos y subsistemas asociados a servicios esenciales en unidades residenciales planteado en el presente documento tiene como base fundamental la realización de mantenimiento de forma eficiente y eficaz del sistema por parte de personal especializado el cual asistirá de forma efectiva el sistema en caso de ser necesario basándose en el registro de datos y alarmas arrojadas por el sistema de monitoreo y control el cual realiza una lectura optima de las condiciones en las que se encuentra cada uno de los equipos intervenidos dentro del sistema a nivel general gracias a la utilización de sensores de diferente tipo acorde a las características de cada uno de los equipos permitiendo así un control efectivo a nivel general del sistema y de cada uno de los equipos o subsistemas que hacen parte del mismo. [26]

LA AUTOMATIZACIÓN:

El monitoreo y control se basan en un conjunto de actividades de gestión que permite determinar si determinados patrones establecidos se comportan según lo planeado. Gracias al desarrollo de la tecnología y la ciencia la informática ha mejorado notoriamente conforme al paso del tiempo, trayendo consigo el auge de softwares de programación para monitoreo y control de forma constante en una gran variedad de sistemas de todo tipo. [20] El uso del software de programación para monitoreo y control se elige acorde a la actividad que se requiera monitorear y controlar trayendo consigo una serie de beneficios a corto y largo plazo para las organizaciones que utilizan este tipo de herramientas, mejorando la eficiencia y optimizando los recursos lo que concluye en una disminución de costos a largo plazo..

El monitoreo y control continuo permite la recopilación de una gran cantidad de datos del sistema con el que se esté trabajando con el fin de verificar que este se encuentre funcionando bajo los parámetros establecidos además de que estos se pueden utilizar para la realización de un análisis de datos para fines de mejora de eficiencia del sistema, además de la elaboración de reportes automáticos de diagnóstico.

Figura 4. Diagrama HMI/ Interfaz hombre maquina



Fuente: [27]

PLC

Un PLC o Controlador lógico programable es un sistema que al ser implementado en máquinas permite la toma de datos y monitoreo de estas

dependiendo de la programación que se le haya asignado. [28] Principalmente son utilizados para el almacenamiento de datos, pero dentro de esta función se encuentran 2 secciones muy importantes que son: el control de las piezas que componen el sistema y la automatización del proceso industrial [27]

Los PLC aparecieron a finales de los años 60 con el fin de reducir los costos que generaba el reemplazo de un sistema de control basado en relés (interruptor que permite el paso de corriente). [27] Los PLC fueron evolucionando con el paso del tiempo reduciendo su tamaño y mejorando su funcionalidad a tal punto que se han convertido en un pilar fundamental en la automatización industrial. [29] El bajo costo de los dispositivos PLC en comparación a los gastos que se reducirán con su implementación hacen de estos la mejor opción al momento de querer monitorear equipos [20]

A diferencia de las computadoras convencionales, los PLC están diseñados para resistir condiciones severas como lo son temperaturas, humedad, polvo, etc. [30] Los PLC cuentan con múltiples entradas y salidas debido a que es un sistema que trabaja bajo tiempo real, esto se traduce en que los resultados de salida deben de ser producidos dando respuesta a las condiciones de entrada dentro de un plazo de tiempo conocido y limitado. [31] Las señales de entrada y salida son binarias esto quiere decir que solo producen una señal de ON y OFF [5]

Los sistemas PLC presentan una gran ventaja en la automatización, traen consigo una reducción de costos en operación debido a que convierte al ser humano en un objeto prescindible, ayudan a optimizar las actividades de inspección y monitoreo de los procesos lo que hace que la detección de fallos se realice rápidamente [5]

Figura 5. PLC LOGO Siemens



Fuente: [32]

En cuanto la programación, los PLC se programan principalmente en los idiomas del estándar IEC 61131. Actualmente, hay disponible una extensión de IEC 61131 que incluye programación orientada a objetos, además, en la literatura se han presentado paradigmas orientados a servicios en los que los recursos autónomos e interoperables proporcionan sus funcionalidades en forma de servicios a los que los clientes pueden acceder externamente [27]. También se han desarrollado metodologías basadas en modelos formales para mejorar la coordinación de sistemas concurrentes y distribuidos. [33]

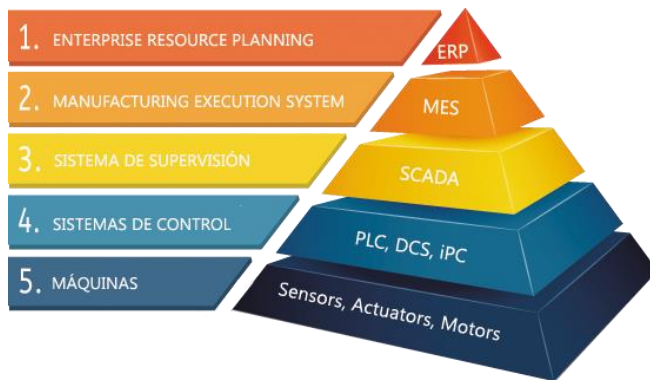
Se puede afirmar que estos controladores seguirán siendo necesarios en gran medida para las empresas de producción, es inevitable ignorar la importancia de estos controladores dentro de las industrias y las capacidades que tienen debido al gran número de programaciones que pueden tener , [27] tanto así que pueden ser implementados para monitorear todo tipo de equipo par que el PLC alerte acerca de fallos y poder evitar daños. [34]

SCADA:

El acrónimo de SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) se traduce en un sistema que tiene como objetivo supervisar y controlar remotamente una instalación, esto lo hace gracias a la integración de datos recopilados a partir de la utilización de diferentes sensores, sistemas PLC y equipos que funcionan bajo determinados protocolos y parámetros en un determinado espacio (Alejandro Espert,2018). [35] Las lecturas de los datos se realizan en tiempo real y de forma continua almacenando los datos recopilados de forma constante para su posterior análisis. Los SCADAs a nivel general tienen un mayor uso en el ámbito industrial, sin embargo con el transcurrir de los años su uso se ha extendido en diferentes sectores [36]

Los SCADAs son programas de software instalable en equipos como lo son servidores que cumpla con los requisitos requeridos para su instalación. El usuario encargado de la administración del sistema automatizado puede ver y controlar los equipos integrados al sistema [36].

Figura 6. Piramide automatizaciòn



Fuente: [36]

Automatizaciòn

Un hecho que surgió de una necesidad como casi todos los sucesos importantes de la humanidad, surge de la necesidad de mejorar o perfeccionar un proceso que elaborado manualmente no cumplía con los requisitos necesarios. [13]La automatizaciòn es cada vez más inevitable, de hecho en china ya está siendo impulsada por el gobierno, el gobierno chino ha anunciado que tiene grandes ideas para proporcionar subsidios destinados en la mejora de la industria a través de la automatizaciòn y la robotizaciòn. [35] Se ha promovido una iniciativa de "Reemplazar humanos con máquinas" para mejorar las perspectivas de los fabricantes locales que enfrentan condiciones comerciales más duras desde el año 2007. [27] Explicamos las condiciones que informó la iniciativa "Reemplazar humanos con máquinas", los principales impulsores de la automatizaciòn fueron las presiones competitivas del mercado para reducir la fuerza laboral, aumentar la productividad, mejorar la calidad del producto y ocuparse de la salud y seguridad en el trabajo

Por otro lado en Colombia el panorama es totalmente diferente, muchas empresas no tienen conocimiento de los sistemas PLC a pesar de que son dispositivos que llevan años impactando en la automatizaciòn industrial, las Pymes se ven obligadas a perder grandes cantidades de dinero debido a fallas en su maquinaria y elevados costos de mantenimiento debido a que no se lleva un control sobre estas, a esto se le suma que en Colombia el 62% de las Pymes no tienen acceso a financiamiento lo que lleva a que la mitad de estas empresas quiebren en su primer año. [27] En estos casos es donde se crea la oportunidad de la implementaciòn de un sistema plc dentro de estas empresas logrando así evitar gastos y pérdidas para que las empresas se puedan sostener y no se vean obligadas a quebrar. [37]

Monitoreo y control

Para lograr una correcta finalización de un proyecto es necesario llevar un seguimiento del proceso para así cumplir con las expectativas necesarias. Es pertinente llevar un control de las actividades realizadas durante el proceso y también de los recursos necesarios y que son utilizados durante la realización del proceso. [27] Como resultado se podrán conocer los problemas que van apareciendo durante la marcha y así poder resolverlos para no desviarse de los objetivos planteados. [35]

La importancia del monitoreo de procesos se ve reflejada en en los resultados de los procesos y dando cumplimiento a una correcta utilización de recursos, máquinas, además ofreciendo protección medioambiental y seguridad. [36]

Figura 7. *Tableros eléctricos conjunto residencial*



Fuente: [38]

Sensores

Los sensores son todos esos dispositivos capaces de detectar estímulos o acciones con el fin de notificar la información del medio externo a este. Para cada magnitud física existe un sensor capaz de accionar ante los estímulos [20]).

Los sensores cuentan con unas características que se presentan en el momento que se detecta el valor de entrada y el tiempo en que el valor dado vuelve a estabilizarse.

- Tiempo de respuesta: Es el tiempo que tarda el sensor desde el momento que detecta un estímulo hasta que muestra el valor de este.
- Constante de tiempo: Es una medida de la inercia del sensor y se considera el tiempo que tarda en reaccionar a los cambios en la entrada.
- Tiempo de levantamiento: Tiempo que requiere la salida para llegar a un porcentaje especificado de la salida en un estado estable.
- Tiempo de asentamiento: Tiempo que tarda la salida en alcanzar un porcentaje de un valor determinado.

(MecatronicaLatam,s.f)

Eficiencia

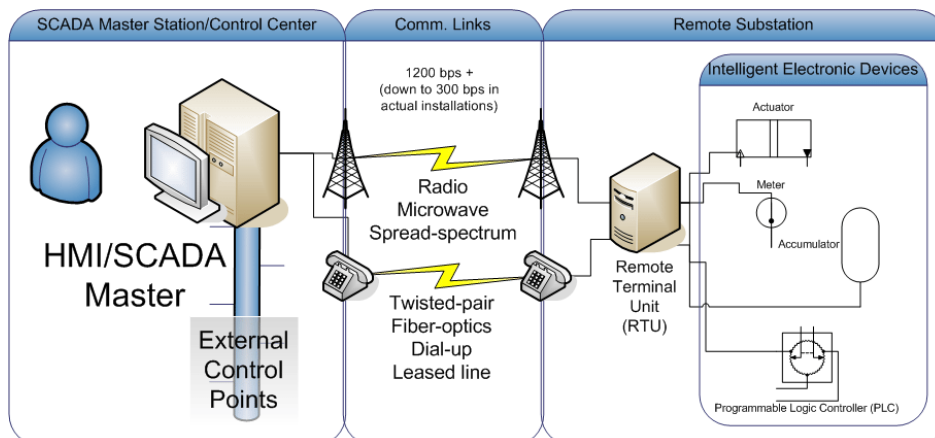
La eficiencia se define como acción, fuerza y producción que se tiene que realizar en un proceso que produce un rendimiento usando la menor cantidad de recursos posibles de forma adecuada con un objetivo final el cual puede contribuir en la reducción de costos, aumento de ingresos y beneficios optimizando los recursos disponibles.

Recursos informáticos y software:

SCADA:

Es un concepto utilizado para la realización de software para ordenadores facilitando el control y la supervisión de procesos industriales a distancia. [37] El SCADA facilita la retroalimentación en tiempo real con sensores y actuadores que hacen parte del sistema permitiendo el control automático del proceso proveyendo toda la información generada en el proceso de funcionamiento del sistema para un posterior análisis de los datos recopilados. [27]

Figura 8. Diagrama sistema SCADA



Fuente: [39]

SIMATIC STEP 7

El SIMATIC STEP 7 es un software de programación de PLC. STEP 7 domina el mercado de lenguajes de programación estando compuesto por:

- FBS: Diagrama de funciones.
- KOP: Diagrama de contactos.
- AWL: Listas de instrucción.

En el caso particular del lenguaje AWL este se encuentra basado en programación de texto y las herramientas de programación se encuentran compuestas por interfaces de programación gráfica. Una de las características principales de STEP 7 es que todas las operaciones están centralizadas y permiten funcionar con todo tipo de datos utilizando diversas herramientas de ingeniería para diagnóstico simulación y control simple o complejo de bucles [27].

5.2 MARCO TEÓRICO

5.2.1 FALLAS EN SISTEMAS ESENCIALES

Causalidad

Los sistemas esenciales dependiendo de la cantidad de elementos asociados y la funcionalidad de los mismos presentan una serie de fallas que pueden ser de tipo eléctrico, mecánico e instrumentación o control. [27] De acuerdo a las causas estudiadas a lo largo del desarrollo del trabajo investigativo y las referenciadas se determina que las principales causas de fallas en sistemas esenciales son:

- Eléctricas: Las fallas eléctricas se pueden manifestar como daños de equipos de conversión electromecánica, motores, transformadores, equipos de maniobra y protección, fallas en cableado, equipos de conducción y distribución de energía que pueden generar una serie de daños y problemas en el funcionamiento de los sistemas esenciales, dejando fuera de servicio algún elemento asociado en el mejor de los casos y en el peor de los casos frenando el funcionamiento completo del sistema esencial, las principales causas de estas fallas son [20]: El deterioro de componentes eléctricos, descargas atmosféricas, falla monofásica, falla trifásica, calidad de energía, sobretensión etc...
- Mecánicas: Las fallas mecánicas se pueden manifestar como problemas de combustión en las plantas de emergencia, problemas hidráulicos, daños mecánicos de motores de combustión, daños en impulsores en bombas, fallas en elementos de seguridad, fugas de fluidos entre otras que pueden afectar considerablemente el funcionamiento normal de los sistemas esenciales y se pueden dar por diferentes causas como lo son

la falta de mantenimiento preventivo, desgaste de piezas intercambiables por cumplimiento de tiempo de vida útil [26], mantenimiento inadecuado, sobrecarga de trabajo a elementos como lo son plantas de emergencia, bombas de agua entre otros elementos y causas que pueden frenar el funcionamiento de elementos específicos de los sistemas esenciales o incluso del sistema esencial en conjunto.

- Error humano: El error humano es una de las causas de falla más frecuentes en los sistemas esenciales, en el caso específico de las instituciones o unidades residenciales son más frecuentes que en grandes industrias ya que tanto en instituciones como unidades residenciales frecuentemente se usa personal no [27] debidamente calificado para la intervención de sistemas esenciales lo cual da como resultado manipulaciones inadecuadas y erróneas que concluyen en daños de pequeña y gran magnitud.
- Falta de control y monitoreo: La falta de supervisión y revisión de los sistemas esenciales es una constante en instituciones y unidades residenciales ya que se realiza cada cierto lapso de tiempo con poca rigurosidad y cuidado, además de que no se utilizan las [37] herramientas adecuadas de diagnóstico y además no se tienen datos precisos de la operación de los elementos que conforman los sistemas esenciales.

Consecuencias:

Las consecuencias de las fallas en los sistemas esenciales dependen de la cantidad de elementos que lo conformen, su complejidad y su función dentro de una instalación específica, por lo cual la afectación puede ser mayor o menor dependiendo del grado de redundancia de la instalación. [37] Las consecuencias pueden ser visibles, invisibles y económicas:

- Consecuencias invisibles: Las consecuencias invisibles pueden ser la degradación del sistema, pérdida de confiabilidad y daños graves a tal punto que una rehabilitación del sistema esencial podría suponer una gran complejidad ya que una serie de fallas no detectadas pueden acumularse hasta [27] causar daños graves a elementos específicos que en conjunto pueden deteriorar el sistema esencial a tal punto que sea irreparable en ciertos puntos.
- Consecuencias visibles: Las consecuencias visibles son múltiples y van desde daños visibles a puntos de elementos de los sistemas esenciales, fallas en determinadas tareas que realizan los sistemas esenciales, afectación de servicios públicos, afectaciones a los usuarios entre otros.
- Consecuencias económicas: El impacto que pueden generar los fallos en los sistemas esenciales a nivel económico dependen de la magnitud de la falla la cual puede hacer que se incurra en un costo adicional mínimo al costo de operación normal del sistema esencial como puede ser un costo bastante alto si hay un daño total [15] en un elemento que haga

parte del sistema esencial ya que en dicho caso es necesario hacer el reemplazo y se incurre en costos de revisión, costos por compra del nuevo elemento, costos de instalación entre otros y no necesariamente hay garantía de que el trabajo de sustitución de elementos averiados dentro de los sistemas esenciales se realice de forma adecuada. La suma de fallas sustanciales dentro de los sistemas esenciales puede llegar a impactar fuertemente la administración encargada de la operación de los sistemas esenciales en el ámbito económico descapitalizando acorde a la magnitud de daños haciendo insostenible los costos de operación de los sistemas esenciales en determinados casos.

5.2.2 MONITOREO Y CONTROL:

El monitoreo y control se basan en un conjunto de actividades de gestión que permite determinar si determinados patrones establecidos se comportan según lo planeado. Gracias al desarrollo de la tecnología y la ciencia la informática ha mejorado notoriamente conforme al paso del tiempo, trayendo consigo el auge de softwares de programación para monitoreo y control de forma constante en una gran variedad de sistemas de todo tipo [37]. El uso del software de programación para monitoreo y control se elige acorde a la actividad que se requiera monitorear y controlar trayendo consigo una serie de beneficios a corto y largo plazo para las organizaciones que utilizan este tipo de herramientas, mejorando la eficiencia y optimizando los recursos lo que concluye en una disminución de costos a largo plazo.

El monitoreo y control continuo permite la recopilación de una gran cantidad de datos del sistema con el que se esté trabajando con el fin de verificar que este se encuentre funcionando bajo los parámetros establecidos además de que estos se pueden utilizar para la realización de un análisis de datos para fines de mejora de eficiencia del sistema, además de la elaboración de reportes automáticos de diagnóstico [37].

Figura 9. Interfaz de control y monitoreo VT SCADA



Fuente: [37]

6.MARCO METODOLÓGICO:

6.1 Tipo de investigación:

El presente trabajo de grado refiere a un estudio de caso de un conjunto. El tipo de investigación mixta puesto que se plantea una investigación de tipo cualitativa y cuantitativa porque se indaga en lo referente a un plan de mantenimiento mediante un modelo de monitoreo y control para sistemas asociados al suministro de sistemas esenciales poco usado en las Pymes colombianas e instalaciones institucionales (conjuntos residenciales) . [27] Esta investigación es de tipo cuantitativo porque se analizan datos relacionados al funcionamiento de los sistemas asociados al suministro de servicios esenciales y los costos que supone su operación dentro del conjunto residencial *Plazuela de toscana* , al igual que los datos relacionados con el plan de mantenimiento que viene trabajando el conjunto residencial para los sistemas asociados. [40] En el conjunto residencial *Plazuela de toscana* se realizará la prueba piloto por medio de la recopilación de datos de operación de los sistemas asociados al suministro de servicio esencial a trabajar, la investigación además es de tipo cualitativa puesto que se realizarán entrevistas personas encargadas del mantenimiento y la administración del sistema esencial dentro del conjunto residencial *Plazuela de toscana* en el cual se realizará una prueba piloto con el fin de identificar los problemas, el funcionamiento y manejo que se le da al sistema esencial para la elaboración de un plan de mantenimiento factible además de las variables a tener en cuenta tanto internas como externas. [26] Durante y después de la realización de la prueba piloto se medirá la efectividad de la plataforma de monitoreo instalada por medio de encuestas a personal administrativo, de la designación de la labor de mantenimiento además del respectivo análisis de los datos recopilados antes y después con el fin de determinar las variables de cambio en el sistema asociado al suministro de servicios esenciales, los recursos optimizados por medio de la implementación de la plataforma de monitoreo y las mejoras a nivel general de los sistemas asociados al suministro de servicios esenciales. [41]

6.2 Diseño de la investigación:

El diseño de la investigación es de tipo experimental verdadero debido a que se realizará la prueba piloto que involucra una plataforma de monitoreo y una instalación de prueba en el sistema esencial del conjunto residencial *Plazuela de toscana* por medio de la instalación de un PLC, dispositivos de comunicación y el uso de un software de monitoreo por medio de los cuales se logra un alto grado de control de variables; de acuerdo con el marco teórico se encuentran dos documentos relacionados con la implementación de sistemas PLC para la automatización y control de proceso de embotellado y producción de azúcar a partir de los cuales se puede realizar un análisis comparativo respecto a la

prueba piloto de la plataforma de monitoreo a realizar en el conjunto residencial *Plazuela de toscana*. [40]

6.3 Población:

Como población clave se tomará el conjunto residencial *Plazuela de toscana* ubicado en ciudad salitre en el cual se realizará la prueba piloto de la plataforma de monitoreo y control de los sistemas esenciales identificando en primera instancia el funcionamiento, los parámetros de operación y las variables que inciden en la operación del sistema esencial dentro del conjunto residencial *Plazuela de toscana* además de las personas que afecta de forma directa e indirecta. [42]

El objeto de identificación de esta muestra es realizar encuestas de satisfacción a los residentes que deseen realizarla y al personal encargado de la supervisión de los sistemas esenciales del conjunto residencial identificando si la plataforma de monitoreo y control genera cambios perceptibles en la prestación de servicios dentro del conjunto residencial.

Figura 10. Conjunto residencial *plazuela de toscana*



Fuente: [43]

Universo

- Conjunto residencial *Plazuela de toscana* en el que se realizará la prueba piloto.

Población objetivo

- Residentes conjunto residencial *Plazuela de toscana*.

Criterios de inclusión

- Trabajadores técnicos especializados subcontratados para labores de mantenimiento.
- Trabajadores encargados de la supervisión y administración del sistema esencial.

Criterios de exclusión

- Personas que se encuentren dentro del conjunto plazuela de toscana que no tengan relación directa con la administración de los sistemas esenciales.

6.4 Muestra:

Censo, se incorporarán en el estudio los residentes del conjunto residencial *Plazuela de toscana* en el que se realizará la prueba piloto que cumplan los criterios de inclusión y que voluntariamente acepten participar del estudio.

[44]

3.4 TECNICAS DE RECOLECCION Y ANALISIS DE INFORMACIÓN:

Tabla 1. Técnicas de recolección de información

Tareas	Técnica recolección de información	Variables	Fuente Información	Técnica análisis de información
<i>Identificación de fallas más frecuentes sistemas esenciales</i>	-Entrevista estructurada . - Observación. -Registro fotográfico.	- Número de fallas frecuentes. - Fallas anormales.	-Personal administrativo. -Reporte de días y tipo de falla. -Informes.	-Árbol de objetivos y problemas. - Diagrama de Ishikawa. -AMEF. -TPM Lean manufacturing
<i>Identificación de manejo y plan de emergencia ante fallas presentadas</i>	-Entrevista estructurada . - Observación. -Registro fotográfico.	-Número de intervenciones realizadas.	-Personal administrativo. -Reporte de días y tipo de falla. -Informes.	-Herramienta SIPOC. -Diagrama de operaciones. -Cursograma analítico.
<i>Identificar condiciones de operación del sistema esencial</i>	Entrevista estructurada	-Tiempos de operación de equipos sistema esencial. -Número de procesos- -Número de equipos involucrados en el funcionamiento. -Condiciones físicas equipos sistema esencial.	Personal administrativo encargado de la operación y funcionamiento del sistema esencial.	-Herramienta SIPOC. -Diagramas de procesos. -TPM lean manufacturing

<i>Medir voltajes y corriente de los dispositivos.</i>	Medición directa de V a través de analizador de parámetros eléctricos.	-Caídas de tensión. -Variaciones inesperadas en el voltaje. -Corte del suministro de energía. -Fallas eléctricas	-Equipos intervenidos para monitoreo remoto. (Sistema hidroflo).	-Desviación estándar.
<i>Medir señales de automatismo</i>	Medición directa mediante el uso del módulo de control.	-Tiempos de operación sistema esencial. -Naturaleza del recorrido. -Número de procesos.	Módulo de control PLC conectado a la red del sistema esencial.	-DMAIC. (Lean six sigma)
<i>Identificación de puntos de mejora en cuanto al mantenimiento y reducción de costos de operación de los sistemas esenciales a tratar</i>	Encuesta	NA	-Análisis de contenido.	-Flujograma analítico. -Tabla costos de mantenimiento. -Diagrama unifilar. -TPM lean manufacturing

Fuente: Del autor.

Tabla 2. Técnicas y métodos de recolección de información y análisis de información orientada a objetivos.

Objetivo	Método de recolección de información	Instrumentos	Métodos de análisis de datos
<p>1. Identificar las fallas potenciales de los equipos a monitorear y establecer los planes de mantenimiento más congruentes con las necesidades de los mismos.</p>	<p>Observación y método deductivo: A partir de la observación, recopilación de información y análisis de información se aplicaron herramientas de marco lógico, mejoramiento continuo y calidad es posible, con el fin de identificar las fallas potenciales y a partir de estas los planes de mantenimiento necesarios.</p>	<p>- Investigación documentaria. - Observación detallada de los procesos. - Observación de reportes e informes relacionados. - Evidencia fotográfica. - Entrevistas.</p>	<p>- Marco lógico: Árbol de problemas y objetivos para determinación de problema central, así como causas y efectos. - Mejoramiento continuo: Diagrama de Ishikawa. - NTP 679: AMEF (Análisis del modo y efecto de fallas)</p>
<p>2. Desarrollar la plataforma sensorica de los equipos y la parametrización del Software SCADA para la lectura de datos enviados por el PLC, así como la programación de alarmas de falla en los equipos.</p>	<p>Observación: Se verifico minuciosamente cada uno de los sistemas a controlar y monitorear, verificando los antecedentes, las condiciones actuales identificando las fallas en el proceso de mantenimiento, para establecer la solución de monitoreo más adecuada además de la parametrización de esta.</p> <p>Método de análisis: A partir de la interpretación y el análisis de la información se estableció la plataforma más adecuada para los equipos a monitorear.</p>	<p>- Documentación digital. (Fotografías, videos). - Medición directa (Analizador de red y sistema PLC). - Documentación digital.</p>	<p>- Estadística: Desviación estándar Representación gráfica: Diagrama unifilar.</p>
<p>3. Definir el conjunto procesos y procedimientos para establecer el sistema de respuesta ante emergencia, así como los perfiles que responden necesidades para el mantenimiento.</p>	<p>Método de análisis: A partir de la información recopilada, así como los planteamientos realizados se establece mediante el análisis el conjunto de procesos y procedimientos para respuesta ante emergencia.</p>	<p>- Interpretación de datos. - Documentación fotográfica. - Tabla de costos.</p>	<p>Análisis de escenarios: Cursograma analítico. PON: Procedimientos operativos normalizados.</p>

Fuente: Del autor.

6.5 Definición de variables:

La definición de variables del diseño experimental verdadero de la *plataforma de monitoreo y control en sistemas esenciales* se da a partir de la implementación de la plataforma de monitoreo en el sistema esencial del *Conjunto residencial plazuela de toscana* de las cuales una gran parte se puede medir y la otra evaluar, las variables son de tipo:

6.5.1 Dependientes:

- Tasa de fallas (estocástica).
- Naturaleza de fallas.

6.5.2 Independientes:

- Número de arranques del sistema.
- Tiempos en la operación.
- Condiciones de carga.
- Recurrencia de operación.
- Condiciones de ambiente
- Condiciones de equipo.

CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Tabla 3. Cronograma de actividades

Etapas	Actividades	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4	Mes 5	Mes 6
<i>Socialización Proyecto</i>	1. Presentación Anteproyecto	X	X				
	2. Entrevistar personal administrativo sistema esencial.		X				
<i>Etapas Inicial</i>	3. Visita para reconocimiento de sistemas esenciales, así como equipos y puntos de criticidad.		X				
	4. Identificación fallas potenciales sistemas esenciales.		X	X			
	5. Estudio y análisis sistema esencial conjunto residencial.			X	X		
<i>Etapas media</i>	6. Establecimiento de plan de mantenimiento congruente			X	X		
	7. Adquisición dispositivo PLC y analizador de red.				X		
	8. Desarrollo plataforma sensorica equipos y parametrización SCADA				X		
	9. Instalación de equipos PLC y analizador de red.				X		
	10. Programación de alarmas en plataforma SCADA.				X	X	
	11. Monitoreo y control sistema esencial					X	
<i>Etapas final</i>	12. Análisis de datos recopilados, voltaje, corriente y señales de automatismo. pruebas con alarmas.					X	
	13. Definición procesos y procedimientos sistema respuesta ante emergencia.					X	X
	14. Análisis de resultados.						X
	15. Conclusiones						X
<i>Cierre proyecto</i>	16. Elaborar informe final						X
	17. Entrega informe final.						X

Fuente: Del autor.

CRONOGRAMA DE PRESUPUESTO:

Tabla 4. Cronograma de presupuesto

Razón	Descripción	Costo unitario	Unidades	Total
<i>Costo de equipos a utilizar</i>	Computador para análisis de datos y elaboración proyecto	\$ 130.000,00	1	\$ 130.000,00
	PLC logo (Siemens)	\$ 461.000,00	1	\$ 461.000,00
	Analizador de red SFERE	\$ 1.289.169,00	1	\$ 1.289.169,00
	Cables instalación	\$ 70.000,00	1	\$ 70.000,00
<i>Software utilizado</i>	SCADA (prueba gratis)	\$ -	1	\$ -
<i>Subcontratación técnico</i>	Técnico electricista para acompañamiento en la revisión e inspección de sistemas a tratar (c.día)	\$ 150.000,00	1	\$ 150.000,00
<i>Subcontratación técnico</i>	Técnico electricista para instalación sistema PLC (c.día)	\$ 150.000,00	1	\$ 150.000,00
<i>Costo tutor (Magister Eléctrica)</i>	2 horas cada mes durante 5 meses (c.hora)	\$ 50.000,00	10	\$ 500.000,00
<i>Costo mano obra estudiante</i>	3 horas por semana durante 6 meses (c.hora)	\$ 10.000,00	72	\$ 720.000,00
<i>Costo transportes</i>	Uber debido a la pandemia	\$ 9.000,00	6	\$ 54.000,00
<i>Papelería</i>	Impresiones, esferos, lápices, documentos	\$ 20.000,00	1	\$ 20.000,00
<i>Total</i>				\$ 3.544.169,00
<i>Total costos asumidos</i>				\$ 2.194.169,00

Fuente: Del autor.

7 CONTEXTO ESPECIFICO Y EN DETALLE DEL PROBLEMA

7.1 El problema de mantenimiento en instalaciones institucionales

Los conjuntos de propiedad horizontal al igual que los edificios e infraestructura institucional presentan una situación bastante particular en cuanto al mantenimiento de sus servicios esenciales (agua y energía) ya que ello implica un esquema mixto en el que la calidad y estabilidad de los mismos no depende exclusivamente de las compañías prestadoras de servicios públicos y su interacción con los usuarios individuales registrados ante ellos, sino que también depende de una infraestructura interna que es propia de predio y que, por tratarse de un bien común se encuentra bajo la responsabilidad del ente de administración correspondiente. Así, por ejemplo, la calidad y continuidad del servicio de agua potable en un edificio de apartamentos no solo depende de la compañía de acueducto y alcantarillado y de las condiciones de la red interna de la unidad residencial, sino que también depende de la condición del tanque de almacenamiento, del sistema de bombeo interno (el cual es necesario dadas las condiciones de presión con que llega el agua en el punto de conexión con la red pública) y, en general, del sistema de distribución de aguas blancas del Edificio.(ley 675,2001)

El hecho es que, bajo el esquema que se tiene previsto según la normatividad vigente, las administraciones manejan un conjunto de asuntos bastante disímiles, dentro del cual se incluyen, de manera por demás accesoria, las actividades de mantenimiento de las redes internas de aguas blancas, aguas negras, energía eléctrica y gas teniendo en todos los casos dos fronteras muy bien definidas:

- a) El punto de conexión con la red externa
- b) El punto de conexión con la instalación interna de la unidad del usuario.

Es claro que en el caso de una falla ocurrida aguas arriba de la conexión con la red externa se trata de un problema de un ente exterior que tiene la responsabilidad de rehabilitar el servicio bajo unas condiciones bastante exigentes definidas en la Ley de Servicios Públicos y que, para el caso de un inconveniente ocurrido aguas abajo del punto de conexión con la instalación interna del usuario, la intervención le corresponde a este último, so pena de asumir las consecuencias de la falta del servicio. No obstante, en medio de las fronteras mencionadas se encuentra una porción igualmente crítica para la continuidad y calidad del servicio y su mantenimiento es responsabilidad exclusiva del ente administrador.(ley 675,2001)

Desafortunadamente, por los lineamientos establecidos por la Ley, los niveles presupuestales disponibles y la práctica común, las actividades de

mantenimiento son un tema accesorio para los entes administradores, salvo claro está que se trate de situaciones de emergencia grave que comprometan alguno de los servicios esenciales. Por esta razón las tareas son delegadas o bien en empleados propios no especializados (de hecho comúnmente se les denomina “toderos”) o en compañías pequeñas con un nivel de especialización y recursos humanos y físicos bastante limitados. A esto se le debe sumar el hecho gravísimo de que se ha hecho bastante común que las constructoras no entreguen la información de los construido e instalado o que, si efectivamente hay una entrega esta se restrinja a información bastante parcial, de modo que es usual que no haya la información mínima para orientar una gestión de mantenimiento o para resolver de manera rápida y eficaz una emergencia.

Algo que agrava aún más la situación es el hecho de que el mantenimiento es un bien intangible en el sentido de que, salvo que se trate de operaciones enfocadas a reestablecer el servicio ante una situación de emergencia, cualquier erogación que no produzca un resultado perceptible e inmediato, tal como sucede con las operaciones de mantenimiento preventivo o predictivo, esta se considera casi de manera automática como un gasto innecesario.

A nivel de conjuntos residenciales, por ejemplo, la falla de los sistemas esenciales da como resultado afectaciones en el suministro de los servicios públicos ya sea de forma momentánea o prolongada y ello tiene un impacto directo sobre el bienestar de cada una de las personas que viven allí. No obstante, mientras que todo esté funcionando bien, al menos en apariencia, cualquier intervención no asociada directamente con un daño es vista con recelo y en ocasiones este tipo de gestión se convierte en un motivo de controversia entre los residentes con la Administración y/o el Consejo de Administración por un supuesto mal manejo presupuestal. (ley 675,2001)

Bajo estas condiciones los entes de administración no se ven estimulados a hacer inversiones significativas para mantener un soporte continuo, y, cuando lo hacen, por ejemplo, contratando servicios de soporte sobre una base regular (por ejemplo, bajo un contrato marco de servicios), lo usual es que se desarrolle una nociva relación “pierde-pierde” con el proveedor. En efecto, desde el punto de vista del proveedor, el presupuesto disponible por parte de la administración no es suficiente para poder sostener una gestión estructurada y ello le lleva a asumir, por la fuerza de la necesidad, contratos que desarrolla a media marcha, con la expectativa de poder resarcir a futuro sus expectativas de lucro con eventuales trabajos especiales o de atención de emergencias. Por otra parte, desde la perspectiva de la administración, con el tiempo, esta termina percibiendo que sus sistemas simplemente se deterioran debido a que no reciben la atención que requieren y se genera la percepción de que la estrategia de tratar de mantenerlos con el esquema de contratación externa es un error. En este punto es importante anotar que lo usual es que la gestión de administración sea encargada a personas naturales o a empresas muy pequeñas, que en general tienen un número muy limitado de contratos (en muchos casos, apenas

uno) lo que no les permite la posibilidad de asumir esta función de manera directa, con personal permanente contratado directamente, aparte de que no se considera que ello sea parte de su *core business*. [45]

7.2 Contexto del problema de mantenimiento presentado en el conjunto residencial plazuela de toscana:

General:

El Conjunto Residencial Plazuela de Toscana se halla ubicado en Cl. 22b #60-51 en Bogotá D.C. El Conjunto consta de 5 torres independientes, Cada torre tiene 9 pisos y en cada piso hay cuatro apartamentos, cuenta con un sótano que se extiende por toda el área del predio unto fue construido a mediados de los años 90, y desde entonces no ha sufrido modificaciones de fondo, salvo mejoras estéticas en el parque común y en el área de la administración y salón comunal y en lo concerniente a control de acceso y vigilancia basada en tecnología de video.

A nivel de los sistemas originalmente instalados no se han presentado cambios de fondo. No se han desarrollado proyectos de mejora o de renovación de equipos, salvo algunas obras menores de electricidad, de plomería y de comunicaciones que, debido a la baja calificación técnica de quienes las han ejecutado, han terminado degradando las porciones intervenidas.

El esquema de mantenimiento es totalmente mixto, como quiera que sobre ciertos equipos críticos tales como la planta de emergencia y los ascensores se manejan preventivos programados periódicamente, en el caso del sistema HidroFlo se tiene un contrato marco de supervisión mensual y apoyo por demanda, en tanto que para el caso de los tableros de baja tensión solo hasta el año pasado se hizo el primer mantenimiento preventivo desde que el Conjunto fue entregado a la comunidad de copropietarios.

Equipos y sistemas principales

Los equipos y sistemas principales del Conjunto son los siguientes:

- a) Subestación principal de 300 kVA, 11.4/0.208V AC: La subestación fue incluida dentro del alcance del proyecto y era parte integral del mismo. Con el tiempo la porción en media tensión (seccionadores en 11.4 kV y transformador de potencia) fue reclamada por CODENSA y esta firma terminó haciéndose a la misma. El sistema de tableros de distribución en baja tensión es propiedad exclusiva del Conjunto.
- b) Planta de emergencia de 80 kVA, 208 VAC: Esta planta solo tiene la capacidad necesaria para suplir cargas de áreas comunes (alumbrado,

sistemas de comunicación y vigilancia y ascensores).

- c) Sistema HidroFlo: Consta de tres bombas impulsadas por motores de 12 caballos que pueden operar de manera alternada o paralela, según los requerimientos de presión y caudal de la red de suministro de las torres.
- d) Sistema de citofonía: El sistema de citofonía es completamente independiente de la telefonía y por ello tiene su propia red.
- e) Telecomunicaciones: Los diferentes operadores de comunicaciones que operan en la ciudad tienen armarios de distribución interna que son intervenidos exclusivamente por personal propio. Los equipos instalados en dichos armarios son alimentados por tableros de áreas comunes.}
- f) Ascensores: Cada torre cuenta con un ascensor que en cada caso recorre un total de 10 pisos (desde el sótano hasta el piso N. 9).
- g) Armarios de distribución y red de distribución hacia unidades residenciales y áreas comunes.
- h) Sistema de distribución de agua potable hacia unidades residenciales y áreas comunes
- i) Sistema de distribución de gas.
- j) Sistema de recolección de aguas negras y aguas lluvias de unidades residenciales y de áreas comunes.
- k) Ascensores (uno por cada torre)
- l) Sistema de control de acceso y vigilancia electrónica para soporte de vigilancia física en el sitio.

Problemas experimentados en la operación:

- a) Se han presentado fallas de servicio en el suministro de agua por salida total de servicio en el sistema Hidro-Flo.
- b) Se han presentado problemas de suministro de energía ante salida de la red externa por falla de la Planta de Emergencia (cuando se requirió que la planta operara, esta no estaba en condiciones de funcionar).
- c) Se han presentado problemas en alimentaciones asociadas originalmente a la planta de emergencia por reasignación no autorizada a una fuente distinta.
- d) Se han presentado problemas de sobrecargas en circuitos por reasignación no autorizada de cargas.
- e) Se han presentado problemas en conexiones de tableros por falta de

mantenimiento preventivo (problemas de apriete de conexiones)

- f) Actualmente la subestación de 11.4 kV presenta problemas potenciales por exceso de contaminación y no es posible coordinar los trabajos porque ENEL – CODENSA define los mantenimientos a su propio criterio (en 25 años la subestación esta jamás ha sido intervenida).
- g) El rendimiento de las bombas del sistema Hidro-Flo ha venido decayendo con el tiempo y solo hasta ahora, después de múltiples problemas y quejas la Administración ha tomado conciencia del problema.
- h) El tablero del sistema HidroFlo fue manipulado y alterado por personal no calificado hasta perder completamente su funcionalidad original. El año pasado el automatismo tuvo que ser rehabilitado a un costo que resultó ser bastante representativo.
- i) Se han presentado alteraciones en el servicio de la red externa que, si bien no alcanzan a producir el arranque de la planta de emergencia, por su magnitud han causado daños en electrodomésticos de los copropietarios. Sin información de la condición de la red en esos eventos, no ha sido posible adelantar ninguna reclamación ante ENEL CODENSA.

El funcionamiento a nivel general del sistema esencial del conjunto residencial plazuela de toscana depende de una serie de subsistemas que cuentan con una función en particular encontrada en el marco conceptual, los cuales operan de diferente forma, poseen equipos totalmente distintos, son independientes los unos de los otros pero en conjunto se encargan de realizar un proceso que finaliza en la prestación del servicio y/o el suministro de servicios básicos a cada uno de los residentes del conjunto residencial plazuela de toscana. El esquema de funcionamiento del sistema esencial al igual que los subsistemas que hacen parte del mismo dentro conjunto residencial Plazuela de toscana es similar al de la mayoría de unidades residenciales que hacen parte de Bogotá y el país a nivel en general dando de esta forma diferencias únicamente en la organización de los subsistemas así como la cantidad de los mismos lo cual depende principalmente del tamaño de los conjuntos residenciales que marcan una brecha de mayor o menor tamaño en la demanda por parte de los residentes en lo referente al suministro de servicios, sin embargo hay un problema que se puede evidenciar en el manejo que se le da al sistema esencial y en consecuencia los subsistemas del conjunto residencial plazuela de toscana que también se hace presente en un gran porcentaje de los conjuntos residenciales que tienen lugar en el país el cual va directamente relacionado con mantenimiento.

Para entender de forma adecuada el problema de mantenimiento que presenta el conjunto residencial plazuela de toscana es necesario entender los antecedentes del mismo. Para comenzar hay que aclarar que el conjunto residencial plazuela de toscana es un conjunto con aproximadamente 30 años de antigüedad, es decir de inicios de los años 90, se encuentra ubicado en el barrio Ciudad Salitre en la localidad de Teusaquillo y es estrato 4, lo cual impacta en la factibilidad y viabilidad del proyecto ya que a pesar de que el presupuesto que se destina a los requerimientos del sistema esencial y los subsistemas es intermedio el conjunto residencial presenta la capacidad, el poder adquisitivo y el músculo financiero para implantar una mejora mediante un plan de mantenimiento que a la larga traería una serie de mejoras y ventajas costo-beneficio que se traducirían en la mejora del suministro de servicios esenciales, reducción de tasa de fallas y además de esto satisfacción por el ente encargado de la administración del conjunto residencial y en consecuencia sus residentes.

En el año 2019 una empresa especializada en la prestación de servicio de mantenimiento de sistemas eléctricos llamada P&I SERVICES S.A.S subcontratada por la administración del conjunto residencial plazuela de toscana estaba realizando una labor de revisión y reparación en el sistema eléctrico en el cual encontró:

- Ausencia de mantenimiento a componentes del tablero del sistema eléctrico.
- Alteraciones en las conexiones de dispositivos eléctricos.
- Inconsistencias a nivel general en el subsistema eléctrico que hace parte del sistema eléctrico del conjunto residencial plazuela de toscana.

Los problemas mencionados anteriormente no tendrían una criticidad alta de no ser por el hecho de que dependiendo del sistema va un técnico por cada sistema al conjunto residencial a realizar una revisión superficial por la que la empresa encargada de suministrar este técnico cobra un valor aproximado de \$ 200.000 pesos lo cual representa una suma exorbitante si se tiene en cuenta el hecho de que los problemas mencionados anteriormente se venían presentando con bastante antelación sin contar el hecho de que precisamente el objetivo de la labor de revisión por parte del técnico es encontrar inconsistencias en el sistema con el fin de corregirlas reduciendo de esta forma las fallas ocurridas en el suministro de energía eléctrica en este caso que puede comprometer otros subsistemas que dependen del suministro de energía eléctrica, además de los residentes del conjunto los cuales sobre los cuales este tipo de fallas en suministro de servicios esenciales tiene un impacto directo que afecta de forma considerable el bienestar de los mismos, sin contar el conflicto que genera para el ente administrativo el cual es el responsable directo.

Teniendo en cuenta que lo idóneo es preservar el sistema esencial del conjunto residencial plazuela de toscana al igual que los subsistemas asociados al mismo tiempo, además de restaurarlo conforme se van presentando afectaciones, cambios en parámetros y alteraciones de diferente índole con el propósito de que el sistema siga cumpliendo su función requerida por medio de un plan

mantenimiento efecto se encuentra que el técnico encargado de realizar la inspección por cada sistema como por ejemplo el Hidroflo, el de generación de emergencia y eléctrico no se encuentra capacitado o en condiciones de realizar su labor de forma óptima y requerida ya que en caso contrario el técnico hubiera tomado medidas correctivas en el momento oportuno lo cual no supone un sobrecosto para la empresa subcontratada ya que en caso de ser necesaria la realización medidas correctivas hay una tarifa definida para atender dichas situaciones específicas por medio del técnico encargado de realizar la revisión.

La situación presentada en el conjunto residencial plazuela de toscana es una clara muestra del problema generalizado en la propiedad horizontal en Colombia que se viene presentando a nivel de mantenimiento y calidad del servicio de los sistemas esenciales y de los subsistemas encargados del suministro de los servicios esenciales básicos dentro de las instalaciones residenciales

VER ANEXO A

7.3 La estrategia de mantenimiento que usualmente se emplea en las instalaciones institucionales:

El correcto suministro de los servicios esenciales depende del buen funcionamiento de los subsistemas esenciales, que cumplen con una tarea específica. Bajo esta perspectiva se encuentra que el personal administrativo encargado de gestionar los subsistemas esenciales, ya sea de forma directa en la cual designa a la persona encargada de realizar las labores de servicios generales del conjunto, por cuestiones de presupuesto e inmediatez a supervisar determinados puntos susceptibles a falla e incluso la realización de reparaciones que pueden categorizarse como “menores” pero en las que el error humano puede llegar a tener un alto impacto en la integridad del equipo manipulado o de forma indirecta en la cual se recurre a la subcontratación de técnicos que no cuentan con la experiencia ni el profesionalismo para manipular los equipos pertenecientes a los subsistemas encargados del suministro de servicios esenciales. Es importante tener en cuenta el hecho de que hay subsistemas que no son responsabilidad de la administración sino de las empresas encargadas del suministro del servicio (en caso de falla se procede a establecer comunicación inmediata con la empresa para la designación de un técnico especializado en el área) como lo son :

- a) Sistemas de control de acceso, seguridad y vigilancia por medios tecnológicos.
- b) Sistemas de detección y alarma contra incendio
- c) Sistemas de control y fuerza de ascensores.
- d) Tanques de almacenamiento de agua potable
- e) Sistemas de tubería y válvulas asociados a la red de agua potable

Teniendo en cuenta que el objetivo de una estrategia de mantenimiento es buscar tener operativo el sistema a nivel general durante el máximo tiempo posible, de forma constante y sin fallas que afecten el suministro de servicios durante periodos de tiempo prolongado, se encuentra que en la actualidad las estrategias de mantenimiento que se aplican en la actualidad en los sistemas esenciales, de instalaciones institucionales constan, principalmente de la subcontratación de personal técnico para cada subsistema sobre el que la responsabilidad de la gestión recae sobre la administración y el subcontratista de una mala intervención, sin embargo para el residente la responsabilidad será exclusivamente de la administración. De acuerdo a esto se encuentra que para cada uno de los siguientes sistemas se subcontrata personal de forma independiente o debido a la alta confiabilidad del sistema se deja operar con el tiempo sin ningún tipo de intervención como por ejemplo el sistema de distribución de energía:

- a) Subestaciones eléctricas (siempre y cuando sean propiedad exclusiva del Edificio y no servidumbres de CODENSA u otras compañías e electricidad)
- b) Sistemas de distribución de energía eléctrica
- c) Sistemas de generación de energía eléctrica
- d) Sistemas de bombeo o hidroneumáticos para agua potable
- e) Sistemas de bombeo de aguas servidas.
- f) Sistemas de bombeo de redes contra incendio
- g) Sistemas de calefacción y aire acondicionado.

Por lo general las tareas desarrolladas por personal técnico subcontratado para adelantar revisiones periódicas se limita a inspecciones de tipo visual, adicional bajo los términos establecidos con la administración del conjunto residencial, estableciendo de esta forma una practica de mantenimiento preventivo que se da cada cierto periodo de tiempo de acuerdo a los requerimientos y operación de cada sistema de forma independiente. En caso de falla o emergencia se subcontrata el técnico correspondiente para que realice la refacción aplicando mantenimiento correctivo no planificado a pesar de que este no cuente con la experiencia o calificación para la realización de la labor, adicional se realizan labores de mantenimiento preventivo interviniendo de forma errónea sistemas ej: supresión de una protección térmica de un motor, que se está activando, con el fin de mantener el servicio a pesar de la existencia de una condición de falla, lo cual además de dejar la puerta abierta a fallas genera sobrecostos de operación ya que en muchos casos el personal técnico subcontratado no cuenta con la información necesaria, la cual es responsabilidad de la administración brindar en relación a manuales del sistema, planos y registro adecuado de intervenciones llevadas a cabo con anterioridad.

Un problema que impacta las estrategias de mantenimiento que tienen los conjuntos de propiedad horizontal es el cambio de administraciones puesto que adicional a que no se lleva un control eficiente en detalle de las intervenciones realizadas en las cuales se generan muchas veces cambios importantes que requieren de un registro en detallen adecuado, no se brinda un reporte adecuado con el histórico de funcionamiento, intervenciones, reparaciones, componentes sujetos a falla constante o eventual a la nueva administración delegada. Así se tiene que sumado a que la estrategia de mantenimiento llevada a cabo no es adecuada, se pierde totalmente el esquema llevado a cabo, lo que trae como resultado un impacto los procedimientos y la estrategia de llevada a cabo para el mantenimiento de los equipos de los sistemas a mediano y largo plazo.

Con base en lo anterior se encuentran los siguientes problemas en la estrategia de mantenimiento llevada a cabo por los conjuntos de propiedad horizontal a nivel general:

- a) Subcontratación de personal técnico para cada uno de los sistemas.
- b) Intervenciones innecesarias en una gran parte de los casos.
- c) Cambios a nivel físico de los sistemas de forma inadecuada que afectan su funcionalidad.
- d) Sobrecostos de operación de los sistemas.
- e) Subcontratación de personal técnico no calificado.
- f) Ausencia de registro den control de cambios realizados a los sistemas.
- g) Alteraciones en partes fundamentales de los sistemas intervenidos.
- h) Daños, resultado del error humano por manipulación inadecuada de componentes de los sistemas.
- i) Oportunismo por parte del personal técnico subcontratado.

La Tabla 4 presenta cada uno de estos sistemas, una descripción de las fallas, la descripción de la estrategia de mantenimiento que regularmente se maneja en cada caso y los comentarios pertinentes.

7.4 La automatización como herramienta para toma de decisiones de mantenimiento:

La eficiencia y optimización de recursos son pilares en la industria actual en términos de reducción de costos, daños y tiempos. A pesar de que la complejidad de los procesos y sistemas involucrados en un sistema esencial de un conjunto residencial en proporción es mínima comparada con los de una industria grande o mediana es necesario entender que a nivel general es mucho más significativa una mejora en los procesos involucrados en un sistema esencial ya que este tiene un impacto directo sobre las vidas y el bienestar de las personas en general

que residen dentro de un conjunto residencial el cual en determinado momento puede presentar afectación en el suministro de los servicios públicos por cuenta de una mala gestión del sistema esencial. La industria actual ha logrado automatizar y controlar de forma minuciosa los diferentes procesos que hacen parte de una línea de producción por medio del uso de dispositivos PLC y la utilización de software SCADA, todo con el fin de mejorar la eficiencia, optimizar recursos además de reducir tiempos y daños en los sistemas involucrados.

En décadas pasadas el automatizar totalmente y utilizar dispositivos PLC en sistemas esenciales era impensable por el alto costo que suponía, lo cual lo hacía factible únicamente para grandes industrias las cuales poseían el brazo financiero para hacerlo y que además a largo plazo les representaba una reducción de costos y aumento en la rentabilidad, sin embargo en la actualidad el costo de los sistemas PLC, dispositivos de comunicación y software SCADA se ha reducido a tal punto que es factible reproducir el esquema implantado hace más de dos décadas en las grandes industrias en sistemas esenciales de conjuntos residenciales todo con la finalidad de aumentar la eficiencia, optimizar recursos y reducir costos de operación.

El hecho de que los conjuntos residenciales no manejen presupuestos altos ha hecho que se deje de lado la búsqueda de mejora en términos de eficiencia y reducción de fallas de los sistemas esenciales a nivel general por el presupuesto limitado que no permite incorporar personal calificado para garantizar una buena gestión del sistema. Sin embargo con los dispositivos PLC actuales es posible eliminar las revisiones por parte de personal no calificado que en ocasiones llega a generar daños por manipular de forma inadecuada componentes de los sistemas esenciales, automatizando y estableciendo un monitoreo y control eficaz por medio del análisis de datos recopilados del sistema en cuestión de forma constante lo cual supone un costo- beneficio mucho más alto que el de subcontratar la prestación del servicio de revisión y mantenimiento por parte de empresas que no están en capacidad de responder de forma adecuada con las necesidades actuales que suponen los sistemas esenciales de la propiedad horizontal en la ciudad de Bogotá.

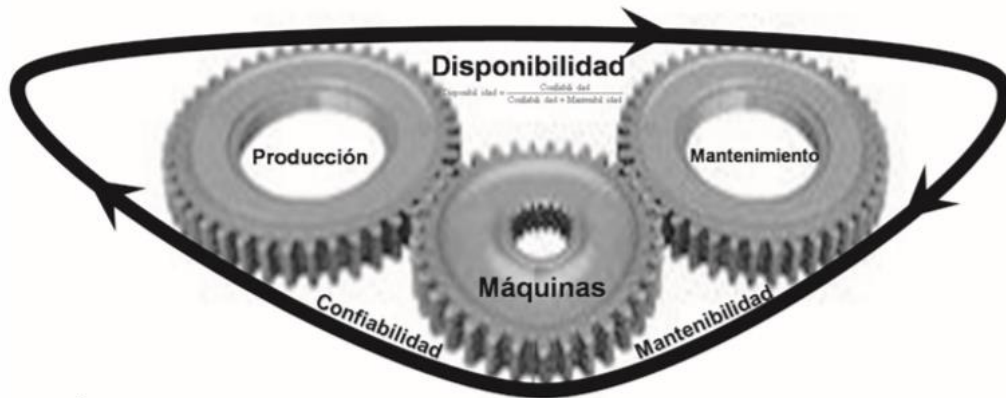
La automatización, monitoreo y control es clave dentro de los sistemas esenciales de un conjunto residencial ya que permite contar el número de ciclos que realizan determinados dispositivos como lo pueden ser elevadores los cuales entre otros elementos con determinado número de ciclos consecuencia del uso requieren mantenimiento, tener un mayor control de la seguridad de acceso además de los diferentes sensores que hacen parte del sistema. En cuanto al sistema eléctrico pueden conllevar a mejoras en términos de calidad energética, un mayor control de consumo de servicios públicos, optimización de recursos y un aumento considerable en la eficiencia que trae como resultado un aumento en la satisfacción y bienestar de los residentes del conjunto residencial.

Son incontables los beneficios que tiene la automatización monitoreo y control en tiempo real en instalaciones institucionales puesto que se reducen de forma significativa los costos a largo plazo, se minimizan los errores humanos, hay un mayor control de el manejo y suministro de los recursos por parte del sistema esencial, además de que se puede generar un registro e historial acertado en cuanto al funcionamiento del sistema esencial en general conforme el paso del tiempo. El internet de las cosas, la analítica de datos y las herramientas de diagnóstico temprano son una parte fundamental del desarrollo este proyecto ya que hacen posible el monitoreo y control en tiempo real de forma continua, reduciendo de forma significativa el riesgo de daños, fallas o afectación por cuenta de factores externos al funcionamiento de los sistemas esenciales.

Este proyecto de investigación empresarial tiene como fin diseñar una plataforma de monitoreo y control mediante la puesta en servicio de dispositivos PLC, de comunicación, sensores y software SCADA en el sistema esencial de un conjunto residencial en el cual se hará una prueba piloto para efectos de demostración de funcionamiento de la plataforma con el fin de diseñar un modelo factible que responda con las necesidades actuales que tienen los sistemas esenciales en la propiedad horizontal en la ciudad de Bogotá, todo esto por medio de la integración de los elementos de control que hacen parte del sistema esencial del conjunto que será usado para la prueba piloto con los dispositivos PLC y de comunicación bajo la línea de mejoramiento de procesos. Para el desarrollo del mismo se contará con el apoyo de un Ingeniero eléctrico y mecánico senior egresado de la Universidad de los Andes con amplia experiencia en mantenimiento en la industria.

La solución planteada por medio de este proyecto que tiene como fin dar solución a un problema de mantenimiento en la propiedad horizontal generalizado en todo el país que además presenta un agravante el cual es el bajo presupuesto que limita la intervención por parte de personal especializado con el fin de tomar medidas correctivas de forma constante y a tiempo. El éxito además del presente proyecto de investigación supone el establecimiento de un esquema aplicable a pequeñas e incluso medianas industrias que presentan problemas semejantes al problema planteado en relación a los sistemas esenciales de instalaciones residenciales.

Figura 11. Relación y leyes que gobiernan sistema de mantenimiento



Fuente: [9] Pag 93

La plataforma de monitoreo y control para el sistema esencial en cuestión trae consigo una serie de mejoras de entrada ya que se automatiza el sistema a nivel general, se logra un mayor control del mismo, se logra establecer un sistema de inspección constante que es clave en la industria actual ya que se logra un mayor control de las variables que intervienen dentro del proceso, se logra recopilar una serie de datos continuos para el análisis que permiten saber el estado en tiempo real del sistema para tomar medidas correctivas en caso de ser necesario con el fin de mejorar la eficiencia, la prestación del servicio y además de esto reducir la tasa de falla y en consecuencia los costos de operación del sistema.

Mediante la automatización de los sistemas que forman parte de un conjunto residencial es posible tener un control adecuado sobre los parámetros bajo los que funciona cada uno de los equipos que se van a tratar, adicional es posible tener un histórico de datos relacionados con la información representativa de la condición operación de los equipos, lo que permite el análisis de forma estructurada de información para la toma de decisiones racionales y orientadas para la intervención de los equipos.

La obtención de información a partir del automatismo permite obtener información de las variables asociada a las condiciones bajo las cuales operan los equipos (parámetros de entrada, salida y condiciones de componentes internos) y el análisis de esta información permite determinar las acciones preventivas y correctivas que se deben emprender. Por ejemplo: si se determina que el voltaje de operación es anormal o se mueve en rangos anormales esto motivaría decisiones de revisión. Es posible determinar por medio de programación de alarmas en el Software SCADA saber en tiempo real la condición de los equipos y además de esto la interrupción del funcionamiento de estos por fallas, daños o intervenciones indebidas en la operación por parte de algún externo. En caso de variaciones notables en los rangos de operación bajo los que funcionan los equipos es posible entrar a determinar si se esta dando alguna anomalía dentro del funcionamiento del sistema.

La ventaja que supone el monitoreo remoto en tiempo real y de forma continua de los equipos asociados a los sistemas a intervenir es abismal, pues se entraría a determinar si es necesario intervenir el equipo con el fin de detectar la falla si no es posible por medio del SCADA mediante el envío de un técnico designado especializado en el área de mantenimiento y los equipos a manipular.

La toma de decisiones referentes a la manipulación e intervención de los equipos de sistemas, que cumplen como función el suministro de servicios esenciales en instalaciones institucionales requiere de rigurosidad y no es oportuno sin haber hecho un análisis previo el cual es posible realizar mediante el análisis de datos obtenidos a partir de los datos arrojados por el software SCADA. Esta idea va directamente asociada con la frase de Peter Drucker “lo que no se mide, no se controla y lo que no se controla, no se puede mejorar” (Drucker)

La objetividad, precisión, exactitud y asertividad en la toma de decisiones asociadas al plan de mantenimiento depende de un análisis previo y exacto de datos de diferente índole (manuales, datos históricos de operación, histórico de intervenciones, reporte de condición del equipo, condiciones del entorno) que al analizarse en conjunto permiten una visión clara del panorama en el que se encuentra el equipo asociado al sistema que tiene como propósito el suministro continuo de servicios esenciales. Uno de los datos que brinda un panorama mas amplio de la condición y operación del equipo son los datos históricos de la operación del equipo, así como las alarmas arrojadas por el SCADA al detectar anomalías la operación del equipo.

Bajo la premisa de que el sistema SCADA como solución conjunta con los sistemas PLC permite controlar procesos industriales de forma local o a distancia, monitorear, recopilar y adicional procesar datos en tiempo real interactuando de forma directa con dispositivos de diferente índole como lo pueden ser sensores, motores, bombas, válvulas grabando los eventos en un archivo de registro es posible reafirmar la viabilidad del proyecto como una solución alternativa a la prestación del servicio que se presta en la actualidad para la realización de mantenimiento de equipos asociados a los sistemas que tienen como tarea el suministro servicios esenciales.

7.5 Modelo de negocio planteado:

El modelo de negocio que se plantea se fundamenta en la tercerización de servicios de mantenimiento electromecánico de sistemas esenciales en edificios. El esquema se centra en un contrato marco de servicios con los siguientes componentes:

- a) Una etapa inicial que involucra una revisión del sistema, la definición de un plan de mantenimiento, la mejora de la automatización de la instalación

(opcional, porque ya puede preexistir una solución de automatización adecuada para servir como base al esquema de trabajo a implementar) y la implementación de la solución de monitoreo. El alcance de esta etapa puede variar de manera bastante marcada entre diferentes instalaciones y su costo, que solo se factura una vez, corresponde a un alcance específico acordado con el cliente (que es la Administración del Edificio). La solución de monitoreo involucra programar alarmas que permitan identificar condiciones anómalas en la operación (variaciones de voltaje, corriente o potencia, accionamiento de protecciones, señales de temperatura, señales de inundación, etc)

- b) Un servicio de monitoreo permanente de variables representativas para tomar decisiones de mantenimiento, facturado mensualmente.
- c) Un servicio de atención de fallas identificadas por medio de la tecnología de monitoreo, con tarifas establecidas como parte del acuerdo. Los repuestos necesarios se facturarían con un cargo administrativo sobre el valor comercial, o serían suministrados por el cliente final.
- d) Un servicio de mantenimiento preventivo con tarifas previamente establecidas como parte del acuerdo. Los repuestos necesarios se facturarían con un cargo administrativo sobre el valor comercial, o serían suministrados por el cliente final.
- e) Un servicio de suministro de mano de obra calificada para trabajos de montajes menores y modificaciones en instalaciones, con tarifas previamente establecidas como parte del acuerdo. Los materiales necesarios se facturarían con un cargo administrativo sobre el valor comercial, o serían suministrados por el cliente final.

La cobertura de los servicios sería la siguiente:

- a) Subestaciones eléctricas (siempre y cuando sean propiedad exclusiva del Edificio y no servidumbres de CODENSA u otras compañías e electricidad)
- b) Sistemas de distribución de energía eléctrica
- c) Sistemas de generación de energía eléctrica
- d) Sistemas de bombeo o hidroneumáticos para agua potable
- e) Sistemas de bombeo de aguas servidas.
- f) Sistemas de bombeo de redes contra incendio
- g) Sistemas de calefacción y aire acondicionado.

Se excluye lo concerniente a:

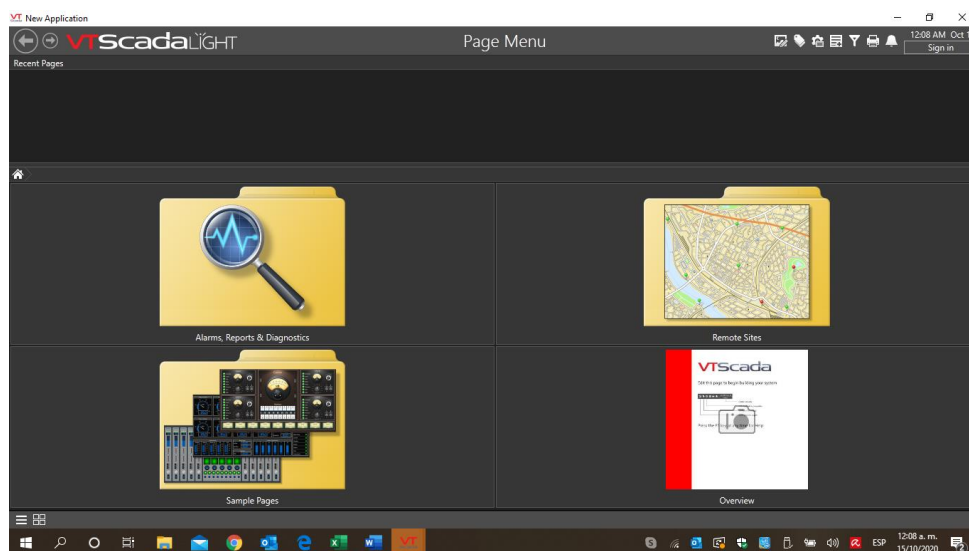
- a) Sistemas de control de acceso, seguridad y vigilancia por medios tecnológicos.
- b) Sistemas de detección y alarma contra incendio
- c) Sistemas de control y fuerza de ascensores.
- d) Tanques de almacenamiento de agua potable

- e) Sistemas de tubería y válvulas asociados a la red de agua potable

7.6 Principio de operación y enlace del PLC y SCADA

Para el entender el principio de la funcionalidad del PLC que en este caso es el dispositivo base e indispensable para la realización de este proyecto de investigación es necesario entender que todo dispositivo tecnológico que disponga de una serie de funcionalidades, que posea procesador y además de esto alimentación de corriente consta de hardware, firmware y software. El hardware hace referencia al dispositivo en físico es decir la parte material que constituye el sistema informático que en este que en este caso es el PLC, el programa bajo el que funciona el PLC se conoce como firmware el cual es el cual es el software del fabricante que le adiciona una serie de funciones preestablecidas además de una interfaz única y particular que se da gracias al desarrollo de ingeniería único que tiene cada compañía desarrolladora de dispositivos tecnológicos. A nivel de software se encuentra que hay varias opciones de libre elección que funcionan bajo determinados protocolos de tipo Modbus así como el PLC, lo cual condiciona la compatibilidad entre el PLC y el software para la comunicación que se da por medio de SCADA el cual permite supervisar y controlar procesos industriales a distancia que en este proyecto de investigación están directamente relacionados con la operación del sistema esencial la unidad residencial en la cual se realizara la instalación de la plataforma de monitoreo y control.

Figura 12. Interfaz programable software VT SCADA

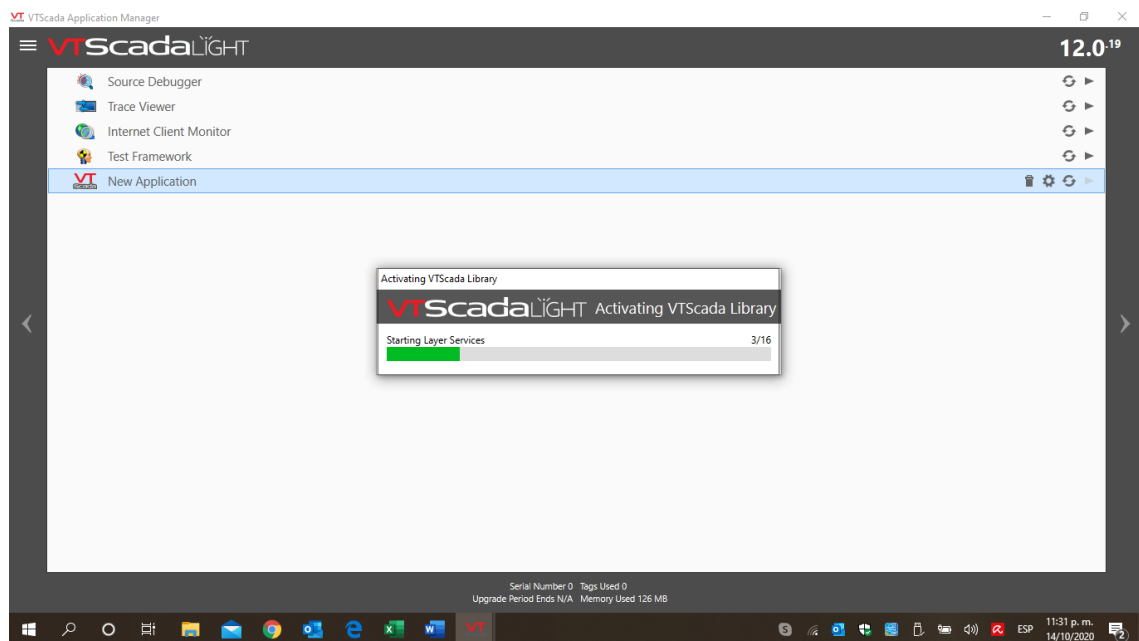


Fuente: Screenshot software VT SCADA

La funcionalidad del SCADA se basa en interrogar los equipos conectados a la interfaz para obtener información específica acerca del funcionamiento por medio de un protocolo de comunicación (Modbus) para saber el estado del sistema para lo que es indispensable saber los mapas de memoria del dispositivo PLC para poder establecer la comunicación de forma efectiva entre este y el software SCADA. El PLC permite configurarse acorde a las necesidades del sistema, así como el software SCADA es versátil de forma que se pueden configurar diferentes señales y parámetros de acuerdo a los requerimientos del sistema.

El sistema PLC posee una serie de entradas y salidas que van conectadas directamente a los equipos intervenidos, puerto ethernet para la transferencia de datos, así como una ranura para SIM la cual permite la transferencia de datos de forma inalámbrica por medio de GPRS al software SCADA. La continua transferencia continua de datos por parte del PLC al SCADA es vital la gestión del sistema de forma óptima, así como para la toma de decisiones y realización de cambios conforme al comportamiento del sistema.

Figura 13. Librería VT SCADA



Fuente: Screenshot software VT SCADA

Posterior al establecimiento de comunicación entre el dispositivo PLC y el software es posible comenzar a introducir los parámetros y rangos de operación de los equipos en los cuales se está utilizando el PLC con el fin de tener un registro de datos de operación conforme el paso del tiempo. Adicional se programan alarmas para cuando haya una variación en los rangos normales de funcionamiento del equipo que se quiera medir.

7.7 Importancia de la confiabilidad:

La medida de confiabilidad de un equipo se basa en la frecuencia dentro de la cual se da la ocurrencia de fallas en el tiempo de operación. Teniendo en cuenta lo anterior se sobreentiende que si el equipo no presenta fallas este es 100% confiable, si la ocurrencia de fallas es baja entonces la confiabilidad del equipo será media y si la ocurrencia de fallas es alta la confiabilidad del equipo será baja. Las condiciones de entorno bajo las que este el equipo, el diseño, un apropiado mantenimiento entre otras características condicionan el hecho de que un equipo nunca falle, sin embargo, en la práctica a pesar de que el tratamiento que se le dé a un equipo en términos de mantenimiento, manipulación e instalación no lo eximen del todo de alguna falla.

La confiabilidad de un equipo se encuentra íntimamente relacionada con la calidad de un producto o servicio. Teniendo en cuenta que la calidad es la cantidad a nivel cualitativo de satisfacción de un usuario frente a un producto o servicio adquirido a través de una empresa que realice determinada actividad productiva, dependiendo de los requerimientos que tenga el usuario en referencia al producto o servicio.

8. DESARROLLO DE OBJETIVOS (Generalidades objetivo general)

A continuación, se presentan los requerimientos necesarios para la realización y el planteamiento de una estrategia adecuada de mantenimiento para sistemas y equipos asociados con el suministro de servicios esenciales:

Instrumentos básicos-factores productivos- Mantenimiento:

Se maneja una forma habitual para llevar a cabo labores básicas y vitales de mantenimiento para mantener funcionalidad de los equipos para la fabricación de productos y prestación de servicios mediante correcciones o labores proactivas con mantenimientos planeados.

Sistema de información:

Base de mantenimiento requeridas para determinar puntos vitales de los equipos y sistemas en cuestión con el fin de consolidar una estrategia de mantenimiento:
[9]

- Registro de equipos, partes y componentes.
- Elaboración y control de ordenes de trabajo.
- Planes de mantenimiento a corto, mediano y largo plazo.
- Inventario, gestión de repuestos e insumos.
- Salario e historia empleada por trabajadores del área.
- Costo de recursos mantenimiento.
- Costos fijos, variables y financiero.
- Costos de operación, sustitución, aislamiento y mantenimiento de equipos.
- Fácil comunicación sistema central de información.
- Base de datos.
- Pronóstico de datos, tiempos, repuestos, materias primas e insumos.
- Registro y análisis de fallas, proceso evolutivo y avances.
- Sistema administración, registro, evaluación y gestión proveedores.

8.1 Objetivo específico 1

Identificar fallas potenciales en los equipos a monitorear y establecer planes de mantenimiento congruentes con las necesidades de los mismos:

8.1.1 Identificación de fallas potenciales:

La identificación de fallas se dio a partir de la recopilación de datos proporcionados por la administración del conjunto residencial plazuela de toscana, principalmente basado en los testimonios, el histórico de eventos de falla de sistemas asociados al suministro de servicios esenciales, información proporcionada por P&I Services S.A.S. de informes de intervenciones realizadas e investigación a partir de la información proporcionada.

Las herramientas utilizadas para la identificación de fallas fueron:

- Árbol de problemas y objetivos. (Marco lógico).
- Diagrama de Ishikawa/ causa y efecto (Mejoramiento continuo).
- AMEF/ Análisis modal de falla y efectos. (NTP 679). **ANEXO C**
- Tabla general de sistemas y sus posibles fallas, así como sus consecuencias.

A continuación, se presentan las herramientas utilizadas para la identificación de problemas con su respectivo desarrollo:

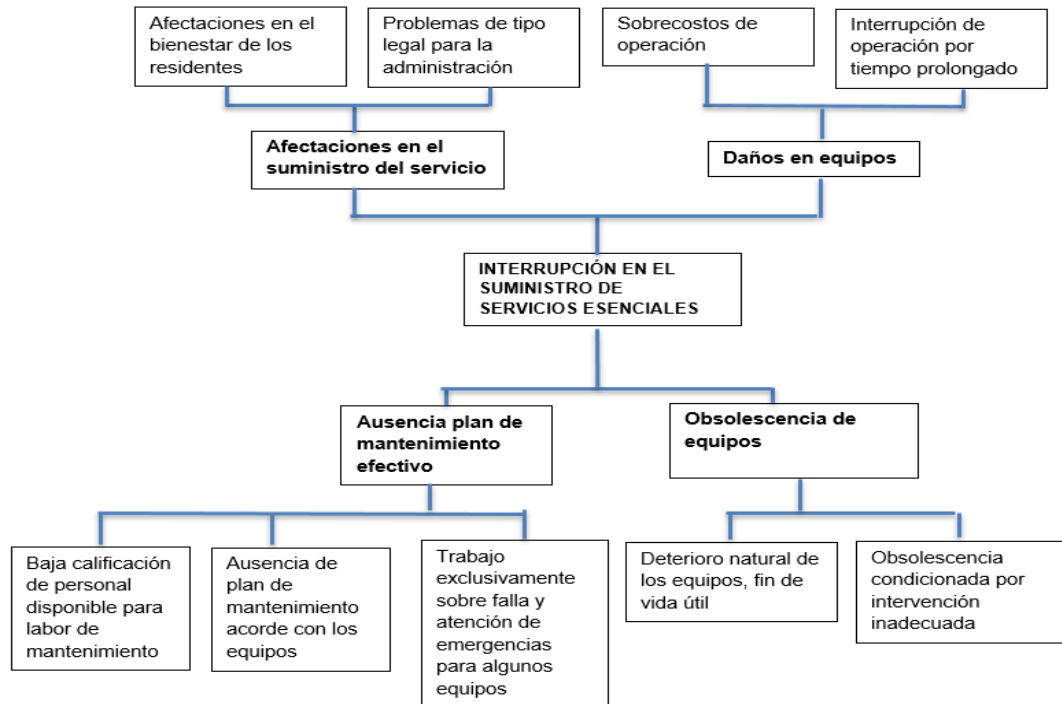
Árbol de problemas y objetivos

El árbol de problemas es clave para el desarrollo de este objetivo puesto que permite la identificación de fallas potenciales, identificando el problema central al cual se le busca solución mediante una relación causa-efecto. Mediante esta herramienta de marco lógico es posible llegar a diferentes alternativas de solución en vez de una única. Mediante la utilización de este método es posible exponer tanto las causas como los efectos negativos de forma gráfica e interrelacionada. Para la definición de la estrategia de mantenimiento tercerizada, es necesario hacer la evaluación de los problemas que presenta la estrategia que se está aplicando actualmente. Posterior a la evaluación y el análisis de los problemas es necesario fijar objetivos que surjan de los problemas existentes y posterior a ello es posible definir una estrategia para dar cumplimiento a dichos objetivos. [46]

A continuación, se presenta un árbol de problemas en el cual se plantea el problema principal que se presenta en relación a los sistemas y equipos

asociados con el suministro de servicios esenciales, así como las causas y consecuencias del mismo.

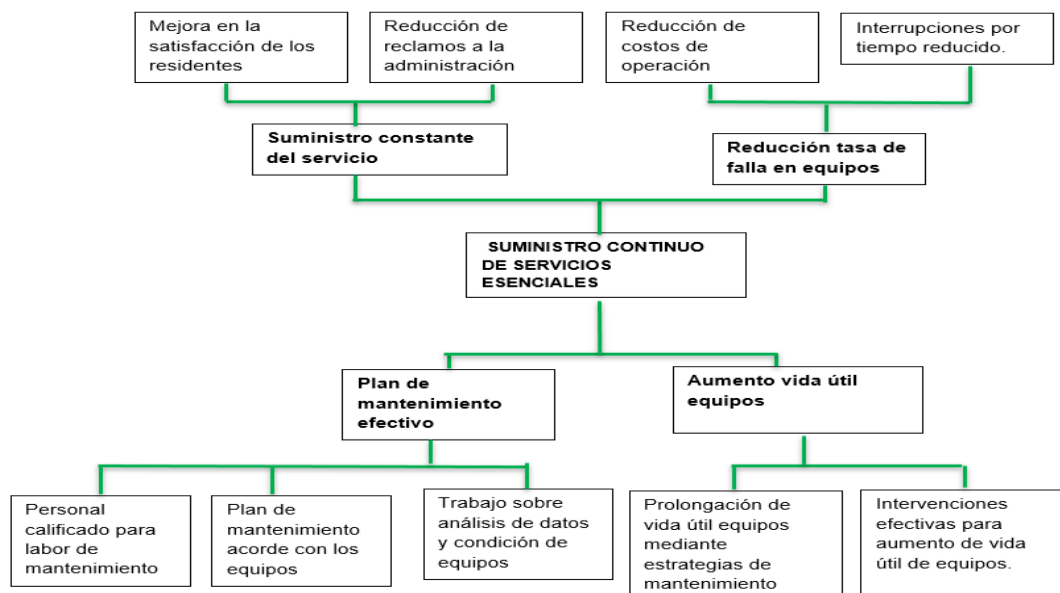
Figura 14. Árbol de problemas



Fuente: El autor

Posterior a la definición de problemas, causas y consecuencias se fijan objetivos relacionados a las metas que se tiene tomando como base los problemas formulados en el árbol de problemas. [47] Mediante el siguiente árbol de objetivos se definen criterios para la evaluación de soluciones a los problemas planteados:

Figura 15. Árbol de objetivos



Fuente: El autor

El cumplimiento de los objetivos planteados se debe dar mediante una estrategia que se debe plantear de forma minuciosa y clara con el fin de no dejar ningún punto sujeto a cambio por fuera.

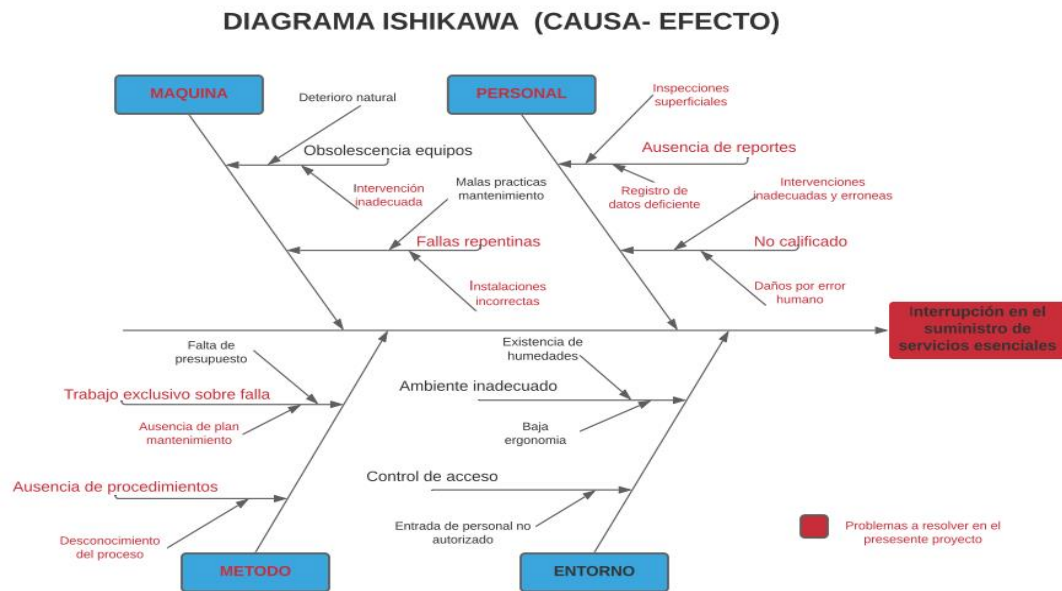
Hay partes de mantenimiento de sistemas y equipos asociados al suministro de servicios esenciales que no se van a incluir ya que involucran mano de obra muy calificada y la necesidad información especializada que no se encuentra disponible, así como la adquisición de repuestos que puede estar restringida por el fabricante o distribuidor de los equipos como se da en el caso de los elevadores, sistemas de vigilancia y sistemas contra incendio.

Para lo que son sistemas que pueden fallar sin que se pueda implementar una rutina mantenimiento preventivo, ni inspecciones sistemáticas se van a llevar a falla como por ejemplo tuberías de agua potable, tuberías de aguas negras, red de gas (para este caso particular las eventuales inspecciones serán responsabilidad de VANTI o de la empresa encargada del suministro de gas natural) entre otras que por su naturaleza impiden un seguimiento y control efectivo.

Se realizará intervención de los tableros de distribución en baja tensión y red de baja tensión desde subestación eléctrica hasta usuarios, planta de emergencia y sistema hidroflo a nivel general como modelo de negocio en instalaciones institucionales y en el caso particular del estudio de caso, plazuela de toscana.

Diagrama de Ishikawa/ causa y efecto

Figura 16. Diagrama de Ishikawa



Fuente: El autor

En el anterior Diagrama de Ishikawa se planteó el problema central, así como sus causas principales y las secundarias. Es necesario aclarar que a no todos los problemas planteados en el diagrama se puede dar solución mediante este proyecto, por lo cual se señalaron en color rojo los problemas cuya solución se plantea a lo largo del documento.

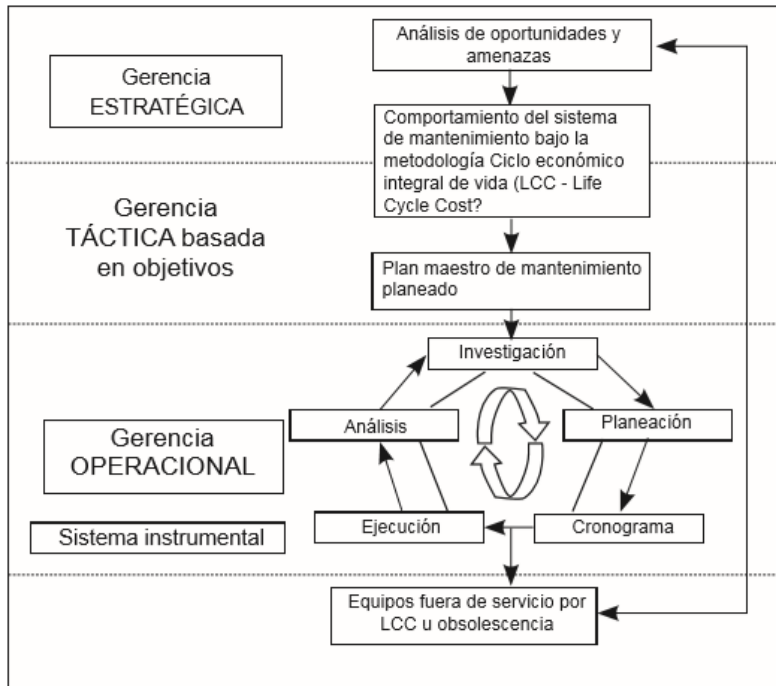
AMEF/ Análisis modal de falla y efectos.

El uso del AMEF para el análisis de fallas dentro de este objetivo se da ya que esta es una herramienta solida dentro del ámbito de la calidad que permite la identificación, así como el análisis de desviaciones potenciales en cuanto al funcionamiento, así como fallos. [48] Este método es de gran utilidad para la prevención de riesgos que pueden estar asociados a falla de equipos, en este proyecto es clave además para la clasificación de riesgos así como la criticidad de cada sistema, lo que da como resultado una base solida para la elaboración de una estrategia de mantenimiento eficaz.

En el caso del AMEF este se encuentra consignado en el **ANEXO C**

Donde plantean todos los posibles problemas que puedan surgir en los sistemas asociados al suministro de servicios esenciales que se intervendrán dentro del proyecto, clasificando la criticidad que posee el riesgo además de las medidas a tomar para reducirlo. Mediante la matriz AMEF es posible evaluar la confiabilidad de los equipos mientras se determina los efectos de falla de estos, clasificando de acuerdo a su criticidad. El objetivo que se tiene con la realización del AMEF es evitar la ocurrencia de las fallas y además de esto generar un método documentado solido de prevención.

Figura 17. Niveles de mantenimiento de la casa ESReDa



Fuente: (ESReda,2001)

Tabla general de sistemas y sus posibles fallas, así como sus consecuencias.

Tabla 5. Fallas potenciales de los equipos y posibles acciones correctivas a tomar

Equipo	Fallas potenciales	Consecuencias	Posibles acciones correctivas
Tablero eléctrico	<ul style="list-style-type: none"> -Fallas en la red externa. -Mal aislamiento o cortocircuito. - Falla en los dispositivos de protección. -Picos de voltaje por rayos o cambio de líneas. -Variación o desequilibrio del voltaje -Daño por error humano. 	<ul style="list-style-type: none"> -Interrupción del suministro de energía. -Daño de componentes eléctricos. 	<ul style="list-style-type: none"> Reclamo al proveedor de servicio por mala calidad en el servicio Identificación y reemplazo de componentes defectuosos Implementación de protecciones contra sobretensiones con dispositivos Mov. Mejora de protección contra descargas atmosféricas Mejora en sistemas de protección de redes eléctricas Aseguramiento de calidad de personal de mantenimiento

			Control de los cambios en el sistema, documentación de los cambios realizados
Subestación eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> -Sobrecarga. - Cortocircuito. -Falla de aislamiento. 	<ul style="list-style-type: none"> -Interrupción del suministro de energía. -Daño de componentes eléctricos. -Explosión de dispositivos asociados. 	Mismas acciones que para el caso de los tableros eléctricos. Si es una servidumbre de la compañía de electricidad todo se centra en reclamar por mala calidad en el servicio
Planta de emergencia	<ul style="list-style-type: none"> -Falla de batería en el arranque del generador. - Aire en el sistema de combustible. -Fuga de combustible. -Carbonización. -Falla en fusible. -Daño por error humano. - Saturación filtro de aceite o aire. 	<ul style="list-style-type: none"> -Interrupción de suministro de energía ante caídas de tensión. -Daño de componentes del generador. - Riesgo de incendio y explosión. 	La estrategia en este equipo se centra en adelantar oportunamente los preventivos y efectuar pruebas periódicas de arranque para verificar la correcta operación y la disponibilidad de los equipos.
Sistema hidroflo	<ul style="list-style-type: none"> -Falla por cavitación. -Falla por golpe de ariete. - Sobrecarga. -Falla por baja tensión. - Falla en motor por calor excesivo. -Obstrucción de filtros de admisión. 	<ul style="list-style-type: none"> -Corte del suministro de agua. -Daño componentes del tablero de bombas. - Daño motores. 	<ul style="list-style-type: none"> -Intervención de la bomba afectada. -Revisión de motor. -Revisión de alimentación. -Revisión del sistema de protecciones. -Revisión del sistema hidráulico. -Pruebas de verificación supervisadas.
Sistema de bombeo de aguas servidas	<ul style="list-style-type: none"> -Falla por cavitación. -Falla por golpe de ariete. - Sobrecarga. -Falla por baja tensión. - Falla en motor por calor excesivo. -Obstrucción de filtros de admisión. 	<ul style="list-style-type: none"> -Daño motores. -Rompimiento tubería aguas servidas. 	<ul style="list-style-type: none"> -Intervención de la bomba afectada. -Revisión de motor. -Revisión de alimentación -Revisión del sistema de protecciones. -Revisión del sistema hidráulico -Pruebas de verificación supervisadas.
Sistema de bombeo de redes contra incendio	<ul style="list-style-type: none"> -Falla por cavitación. -Falla por golpe de ariete. - Sobrecarga. -Falla por baja tensión. 	<ul style="list-style-type: none"> - Daño motor. -Inactividad en caso de incendio. 	<ul style="list-style-type: none"> -Intervención de la bomba afectada. -Revisión de motor. -Revisión de alimentación. -Revisión del sistema de protecciones.

	- Falla en motor por sobrecarga. -Baja presión.		-Revisión del sistema hidráulico. -Pruebas de verificación supervisadas
Sistema de calefacción y aire acondicionado	-Equipo sin gas por fuga. -Falla de compresor. - Caída de tensión. - Falla en el sensor de termostato o T. -Perdida de carga. - Sobrecarga de refrigerante o aceite.	-Daño compresor. -Daño del sensor del termostato. -Equipo sin gas por fuga.	-Intervención del compresor afectado. -Revisión de motor. -Revisión de alimentación. Revisión del sistema de protecciones. -Revisión del sistema hidráulico. -Pruebas de verificación supervisadas.

Fuente: Del autor

8.1.2 Plan de mantenimiento congruente con las necesidades del sistema a tratar:

A partir de las fallas potenciales identificadas se estableció una estrategia de mantenimiento que respondiera con los requerimientos del conjunto residencial plazuela de toscana, así mismo esta estrategia de mantenimiento constituye una base sólida para la gestión de mantenimiento en un amplio conjunto de instalaciones residenciales e institucionales en la ciudad de Bogotá D.C.

La estrategia de mantenimiento que se va a llevar a cabo con los equipos intervenidos se basara en (en instalaciones institucionales como conjuntos residenciales):

- a) Identificación de las especificaciones y condiciones operativas de los equipos a intervenir.
- b) Identificación del entorno de los equipos asociados a los sistemas, al igual que los puntos de conexión.
- c) Consolidación de histórico de intervenciones (si lo hay).
- d) Revisión para determinar el estado del sistema a nivel general.
- e) Planteamiento de programa de preventivos y definición de la estrategia de supervisión automática.
- f) Identificación de aspectos que pueden ser mejorados de manera inmediata e intervención directa. (punto de arranque estable)
- g) Instalación de analizador de redes y dispositivos PLC para los equipos que lo requieran y su naturaleza lo permita. Reconfiguración de equipos existentes si aplica.

- h) Instalación de solución de comunicación entre los automatismos (PLC y analizador de red) y software SCADA ya sea por medio utilización de cable ethernet y modem o mediante tarjeta SIM por GPRS.
- i) Enlace PLC con Software SCADA. **ANEXO F**
- j) Parametrización de Software SCADA.
- k) Inicio de adquisición de datos. Adquisición de datos por un periodo representativo
- l) Revisión de información e identificación de parámetros fuera de lo normal.
- m) Designación de personal para mantenimiento con base en la falla presentada.
- n) Atención de la falla presentada.
- o) Toma de evidencia y registro de datos.
- p) Realización de pruebas correspondientes acorde a la naturaleza de la falla y el equipo.
- q) Generación de reporte o en informe para la administración.
- r) Registro de la intervención en la base de datos correspondiente para futuras intervenciones.
- s) Análisis de datos para plan de mantenimiento estructurado.

En el caso particular del estudio de caso que en este caso es el conjunto residencial plazuela de toscana el alcance del proyecto ira hasta el punto l.

La estrategia de mantenimiento tercerizada que se plantea va asociada con la designación de personal calificado para el mantenimiento de los equipos con base en los requerimientos del equipo al momento de presentar la falla. Adicional, las condiciones del equipo, los componentes susceptibles a falla, el análisis de datos recopilados por medio de la automatización serán claves para estructurar un plan de mantenimiento acorde a las necesidades y requerimientos de los equipos de los sistemas a trabajar.

Una estrategia de mantenimiento que integre los diferentes tipos de mantenimiento es clave y traería consigo una mejora considerable en la confiabilidad del sistema a tratar. Mediante la aplicación de mantenimiento correctivo es viable dar solución a las fallas que se presenten inicialmente y además se puede elaborar de forma planificada de acuerdo a la situación particular que presente el equipo de tal forma que lo haga factible. La recolección de datos de funcionamiento gracias al software SCADA trae consigo la posibilidad de obtener la información necesaria para determinar acciones de mejora y requerimientos de intervención. A esto se suma el hecho de que es posible a través del análisis constante del equipo es posible identificar las variables que cambian a través del paso del tiempo permitiendo predecir la

posible ocurrencia averías y la estimación del tiempo en el que pueden suceder. SCADA.

Para entender el proceso a llevar a cabo es necesario entender que las acciones de mantenimiento constan principalmente de dos etapas. En la primera etapa aparecen los instrumentos de mantenimiento ej. la empresa prestadora del servicio debe contar con las herramientas adecuadas para las intervenciones de los equipos que en el caso de los tableros eléctricos son multímetros, cámara termográfica etc... , a partir de este momento es necesario contratar el personal que debe estar capacitado o se debe capacitar para realizar las acciones mantenimiento, llevando a cabo las primeras acciones relacionadas con el mantenimiento que son de índole correctiva. Dentro de esta fase están o aparecen los elementos iniciales que se requieren para el sostenimiento de los equipos, la prioridad en este punto es dar continuidad al suministro del servicio. Las fallas imprevistas suponen un problema de gran magnitud en el suministro del servicio y es en este punto donde se presenta la etapa II del mantenimiento donde el objetivo principal es dar solución a las paradas repentinas de los equipos tratados y en este punto se inicia el desarrollo de acciones de prevención o predicción de fallas.

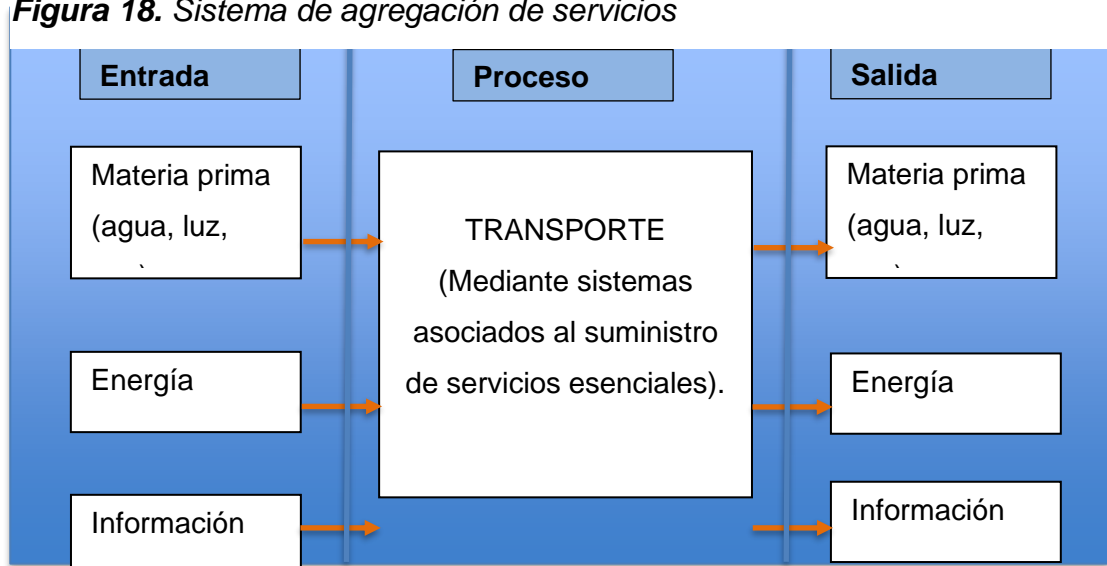
Para el desarrollo de acciones de prevención o predicción de fallas es necesaria la utilización de técnicas y tecnologías propias de prevención y predicción como lo son rutinas de inspecciones, planes preventivos, mediciones técnicas y valoración de condición de estado de equipos. Puesto que los costos de hacer inspecciones físicas con equipos especializado s(analizador de vibraciones, equipo de termografía, equipo de prueba de motores) son bastante altos, la obtención de información representativa de la condición de los equipos a través del automatismo (Sistema SCADA y equipos de control) se convierte en una alternativa de bajo costo busca valorar la condición del estado de los equipos, registrando datos técnicos, monitoreando de forma constante los equipos y tomando decisiones a posteriori de realizar el análisis correspondiente haciendo reposición de elementos de equipos que requieren de cambio antes de que entre en estado de falla, prolongando de esta forma la vida útil de los equipos. En la etapa II de las acciones de mantenimiento determinadas por la estrategia de mantenimiento se distinguen el hecho de que las acciones correctivas y modificativas en el ámbito del mantenimiento son posteriores a falla mientras que las preventivas y predictivas son previas al estado de no funcionalidad o falla del equipo en cuestión. [9]

En el contexto del plan de mantenimiento llevado a nivel general de los sistemas de sistemas esenciales de instalaciones institucionales se da que solo se aplica mantenimiento correctivo llevando las piezas y equipos al límite de vida útil sin ir más allá, mientras que en el modelo propuesto de mantenimiento se va más a fondo ya que se busca identificar las tareas para intervenciones planeadas, se definen recomendaciones de seguridad, se establecen mecanismos que permitan el manejo y la recolección de datos de forma simple, completa y

eficiente para consolidar un sistema de información que sea de gran ayuda para la realización de la labor de mantenimiento. Para cada equipo de subsistema a tratar se definirán acciones de mantenimiento factibles y prioritarias. [9]

El fin de la estrategia de mantenimiento planteada a partir del automatismo se basa en la prestación de buen servicio para las instalaciones residenciales y los equipos intervenidos con el fin de reducir al máximo las paradas por fallas imprevistas lo cual puede ser posible mediante la aplicación de los elementos anteriormente mencionados, así como los recursos humanos con el menor costo posible.

Figura 18. Sistema de agregación de servicios



Fuente [9] Pag 41

El punto a tratar en el sistema de agregación de servicios manejado mediante el mantenimiento es el proceso, así como la información de entrada para garantizar un proceso continuo y sin interrupciones. Si el proceso falla no hay salida de materia prima y en este caso la responsabilidad cae sobre la administración.

8.2 Objetivo específico 2

Desarrollar la plataforma sensorica de los equipos y la parametrización del Software SCADA para la lectura de datos enviados por el PLC, así como la programación de alarmas de falla en los equipos.

8.2.1 Diseño conceptual y diagramación de ingeniería de la plataforma sensorica y su interfaz con la plataforma SCADA:

A continuación, se presenta la plataforma de monitoreo a utilizar en el caso de estudio aplicado del conjunto residencial plazuela de toscana. La plataforma de monitoreo se encuentra compuesta por:

- a) PC (Computador) con alta velocidad de procesamiento.
- b) Software SCADA instalado en el computador.
- c) 2 routers (uno para la conexión de computador y otro para la conexión de los dispositivos de automatización, monitoreo y control.
- d) 1 Switch para la conexión de los diferentes dispositivos de automatización monitoreo y control.
- e) 2 analizadores de red de tipo analógico (marca elecnova)
- f) 1 PLC logo de tipo digital (Siemens)
- g) 1 controlador (ComAp AMF 25)
- h) Sensores de humedad, temperatura (no están dentro del alcance del proyecto, sin embargo su adquisición e instalación no supone un conflicto).

Inicialmente los dispositivos de automatización, monitoreo y control irán conectados por medio de cables ethernet a un switch y este a su vez ira conectado al router. El router será el dispositivo encargado de enviar las señales emitidas por los dispositivos de automatización, monitoreo y control por medio de conexión a internet al router conectado al computador con software SCADA. El envío de señales será continuo y en tiempo real por lo cual el tiempo de respuesta ante alarmas o variaciones en los rangos o parámetros de funcionamiento de los equipos monitoreados tendrán como resultado una respuesta inmediata para la realización de la labor de mantenimiento ante la presentación de una emergencia

Cada dispositivo de monitoreo y control ira asociado a un sistema con el fin de obtener información continua y en tiempo real para la atención de emergencias:

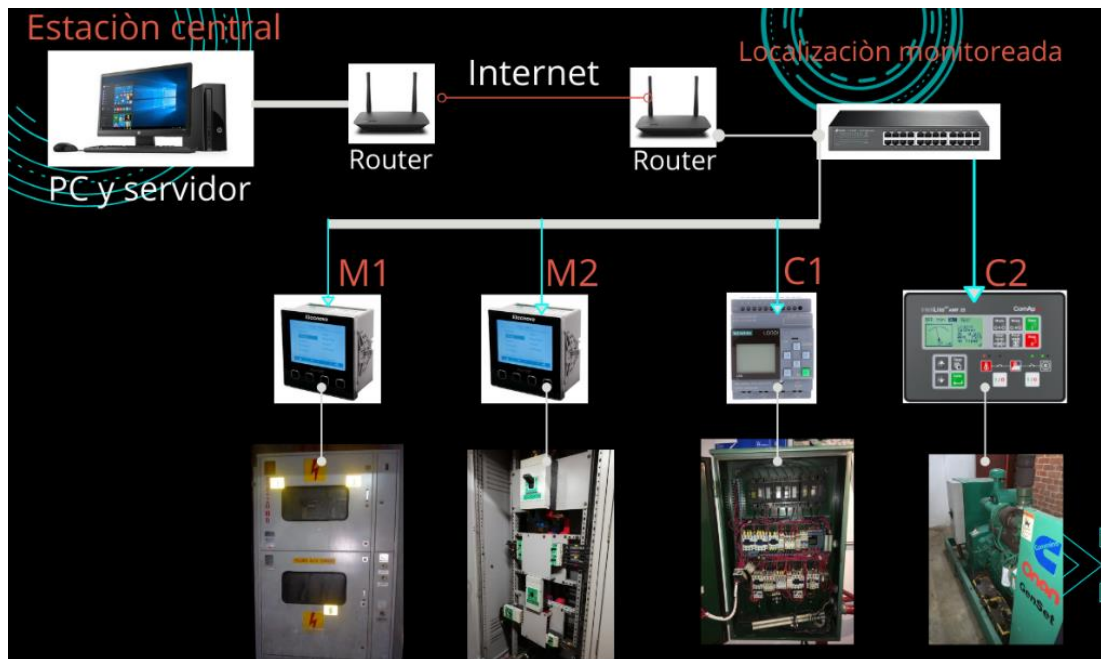
Tabla 6. Asociación dispositivos monitoreo con sistemas esenciales

Dispositivo de monitoreo y control	Sistema esencial
Analizador de red (Sfere 720c)	Barraje de emergencia
Analizador de red (Sfere 720c)	Tablero eléctrico principal
PLC (Logo Siemens)	Sistema hidro-flo
Controlador	Planta de emergencia

Fuente: El autor

A continuación, se presenta un esquema en el cual se encuentra plasmada la estructuración de la plataforma de monitoreo y control remoto:

Figura 19. Plataforma de monitoreo y control remoto



Fuente: El autor. **VER ANEXO G**

M1- Alimentación principal (Analizador de red SFERE 720c)

M2- Medidor barraje de emergencia. (Analizador de red SFERE 720c)

C1- Control Hidro-flo. (PLC LOGO SIEMENS)

C2- Control planta de emergencia. (Autómata ComAp AMF 25)

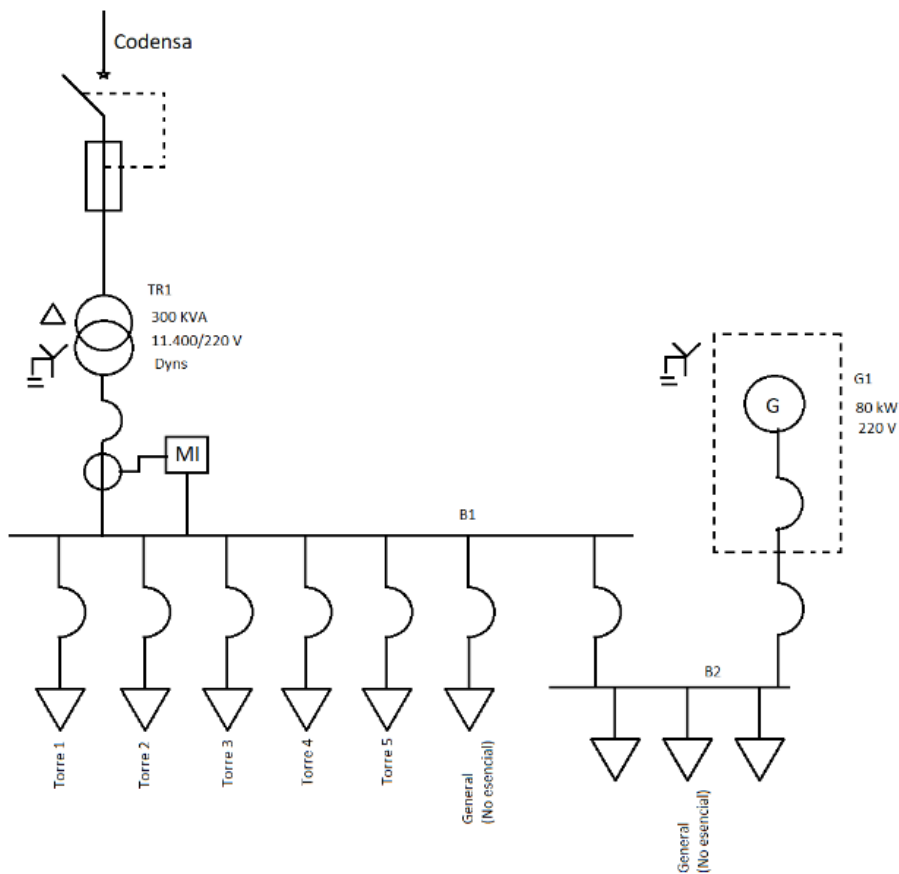
Posterior a la identificación de fallas potenciales, problemas y además las necesidades de mantenimiento de los sistemas esenciales a monitorear y controlar del conjunto residencial plazuela de toscana, se establece que es necesario priorizar el monitoreo y control de los sistemas asociados al suministro de servicios esenciales de acuerdo a su criticidad, riesgo y tasa de fallas. Para la priorización se utilizó el análisis realizado por medio del AMEF (**ANEXO C**). En ese orden de ideas el sistema a priorizar en de acuerdo a su criticidad es:

1. Sistema hidro-flo.
2. Planta de emergencia.
3. Tablero eléctrico principal.
4. Barraje de emergencia.

En cuanto al procedimiento de desarrollo de la plataforma sensorica y parametrización del software SCADA es necesaria la adquisición de los equipos para determinar los mapas de memoria, dirección IP y determinar las formas por las cuales se realizara la conexión de los dispositivos para la transferencia de datos (señales) desde la localización remota hasta la estación central. El procedimiento para la el desarrollo de la plataforma sensorica y la parametrización en software SCADA es:

- a) Identificación de mapas de memoria dispositivos de monitoreo (PLC, analizador de red, controlador).
- b) Diseño de unifilares.
- c) Introducción de datos relacionados con la lectura de los dispositivos de monitoreo.
- d) Identificación de solución de comunicación para transferencia de datos/ señales desde el dispositivo de monitoreo. (puerto ethernet, adición de módulo de comunicación).
- e) Parametrización del software SCADA individualmente para cada dispositivo de acuerdo a las señales que se quieran leer del sistema a monitorear.
- f) Programación de alarmas en software SCADA (El sistema da alarma cuando las señales varían por fuera del rango establecido).
- g) Identificación de puntos de conexión del dispositivo y el sistema a monitorear.
- h) Pruebas caseras conectando los dispositivos a red de alimentación de una vivienda con el fin de simular condiciones de falla.
- i) Registro y revisión de datos.
- j) Correcciones en la parametrización del SCADA en caso de ser necesarias.

Figura 20 Unifilar general

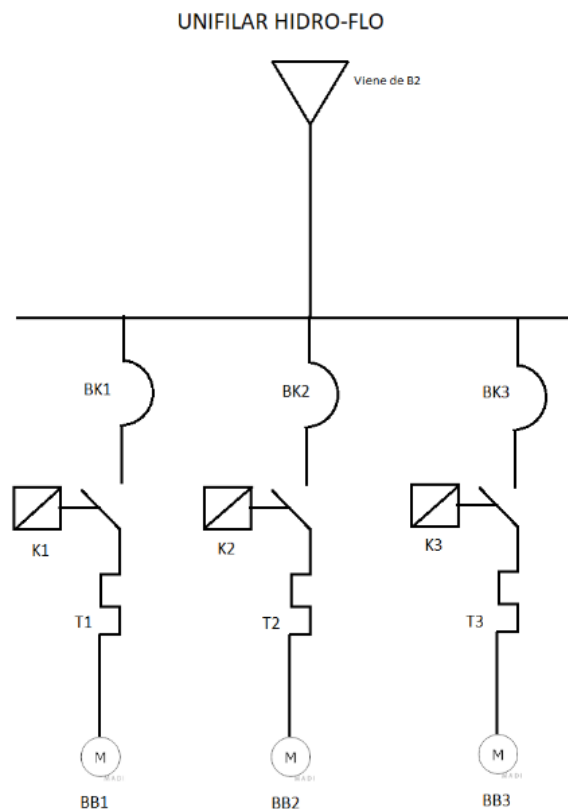


Fuente: El autor. **VER ANEXO H**

En el diagrama unifilar anterior se evidencia la conexión de los barrajes de alimentación eléctrica de las torres que en este caso son 5 a uno principal que a su vez va alimentado al transformador (TR1) de 300 KVA que va asociado al suministro de energía que provee codensa. Hay una salida del barraje principal a uno no esencial puesto que no afecta como tal a los usuarios finales que en este caso son los residentes del conjunto residencial plazuela de toscana. El barraje asociado no esencial, asociado al barraje principal se encuentra conectado a la planta de emergencia que entra a operar ante caída de tensión. En este barraje auxiliar se encuentra conectado el sistema hidro-flo, lo que conlleva a que en caso de caída de tensión o suministro de energía el sistema hidro-flo seguirá operando ya que se encuentra directamente asociado a la planta de emergencia.

Unifilar Hidro-flo

Figura 21. Unifilar hidro-flo



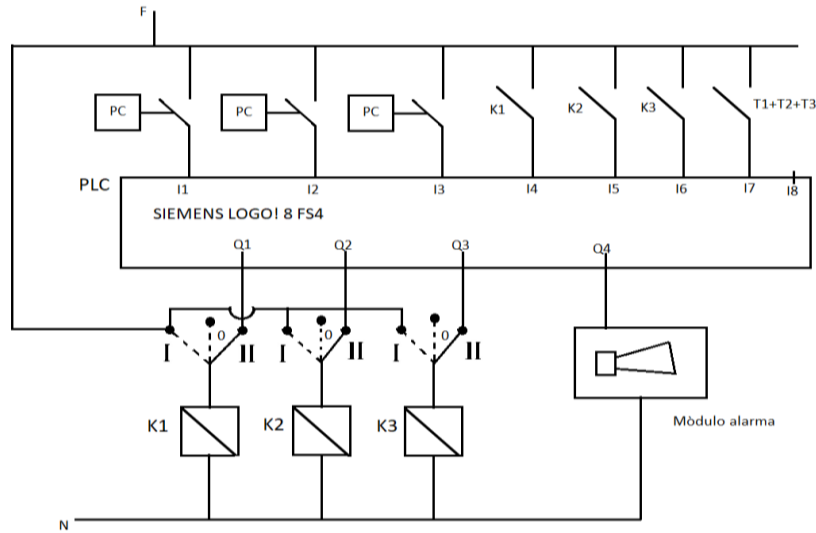
Fuente: El autor **VER ANEXO I**

En el unifilar anterior se encuentra la entrada de suministro de energía la cual viene asociada al barraje secundario que se encuentra representado en el primer unifilar. Este deriva en un barraje pequeño al que van asociados los breakers (BK1, BK2 y BK3) que en este caso son 3, adicional cada breaker va asociado a contactores cada uno (K1, K2 y K3) que a su vez van asociados a un temporizado (T1, T2 y T3) y finalmente a un motor que en este caso es el

directo responsable introducir presión al sistema hidroneumático para dar continuidad al suministro de agua a los usuarios finales.

Unifilar control Hidro-flo

Figura 22. Control hidro-flo



Fuente: El autor. **VER ANEXO J**





En la figura anterior del control del hidro-flo se presenta el sistema con la introducción del PLC, al cual van asociados los contactores, los temporizados y los breakers, puesto que el PLC se encarga de controlar la operación de todo el sistema así como el módulo de la alarma el cual se acciona en caso de falla de algún componente del sistema.



8.2.2 Intervención sistemas esenciales para monitoreo:

Sistema hidro-flo

El sistema que inicialmente se intervino con el fin de controlar y monitorear de forma remota fue el sistema hidro-flo, mediante una visita realizada el día 6 de noviembre en la cual se realizó una labor de mantenimiento correctivo. Durante la labor de mantenimiento se reemplazó uno de los breakers y 3 contactores del tablero del sistema hidro-flo, que fallaron generando una emergencia que dejó por aproximadamente 1,5 horas al Conjunto residencial plazuela de toscana sin suministro de agua. A continuación, se presenta una tabla en la cual se encuentra el sistema Hidro-flo con cada uno de sus equipos y componentes eléctricos del tablero especificando uno a uno su función:

Tabla 7 Componentes sistema hidro-flo

Sistema	Equipos/ componentes	Cantidad	Marca	Función	Ilustración
Sistema hidroflo (Equipos y componentes tablero)	Motores	3	Siemens	Impulsar los equipos de conversión de energía	
	Tanques pulmón	1	IHM	Fijar el valor de presión de operación del sistema.	
	Beakers	3		Protección de equipos eléctricos y cableado	
	Contactores	9	CHINT	Habilitar y cortar flujo de corriente	

	Térmico (relé de protección térmico)	3	CHINT	Protección de motor contra sobrecargas débiles y prolongadas	
	Temporizado (relé de tiempo)	3	EATON	Temporización de eventos en sistema de automatización. (Abre y cierra contactos)	

Fuente: Del autor. **VER ANEXO A y B**

Posterior a la realización de la labor de mantenimiento por medio de un técnico subcontratado especializado, en la que se generó el reemplazo de los componentes que fallaron (3 contactores, 1 breaker), se procedió a realizar la instalación de un PLC logo (siemens) reemplazando el autómata que poseía el sistema que aún se encontraba en servicio, pero que no contaba con las características necesarias para realizar el monitoreo de forma remota. A continuación, se presentan imágenes del proceso de mantenimiento correctivo del tablero del sistema hidro-flo así como del PLC logo (siemens) instalado.

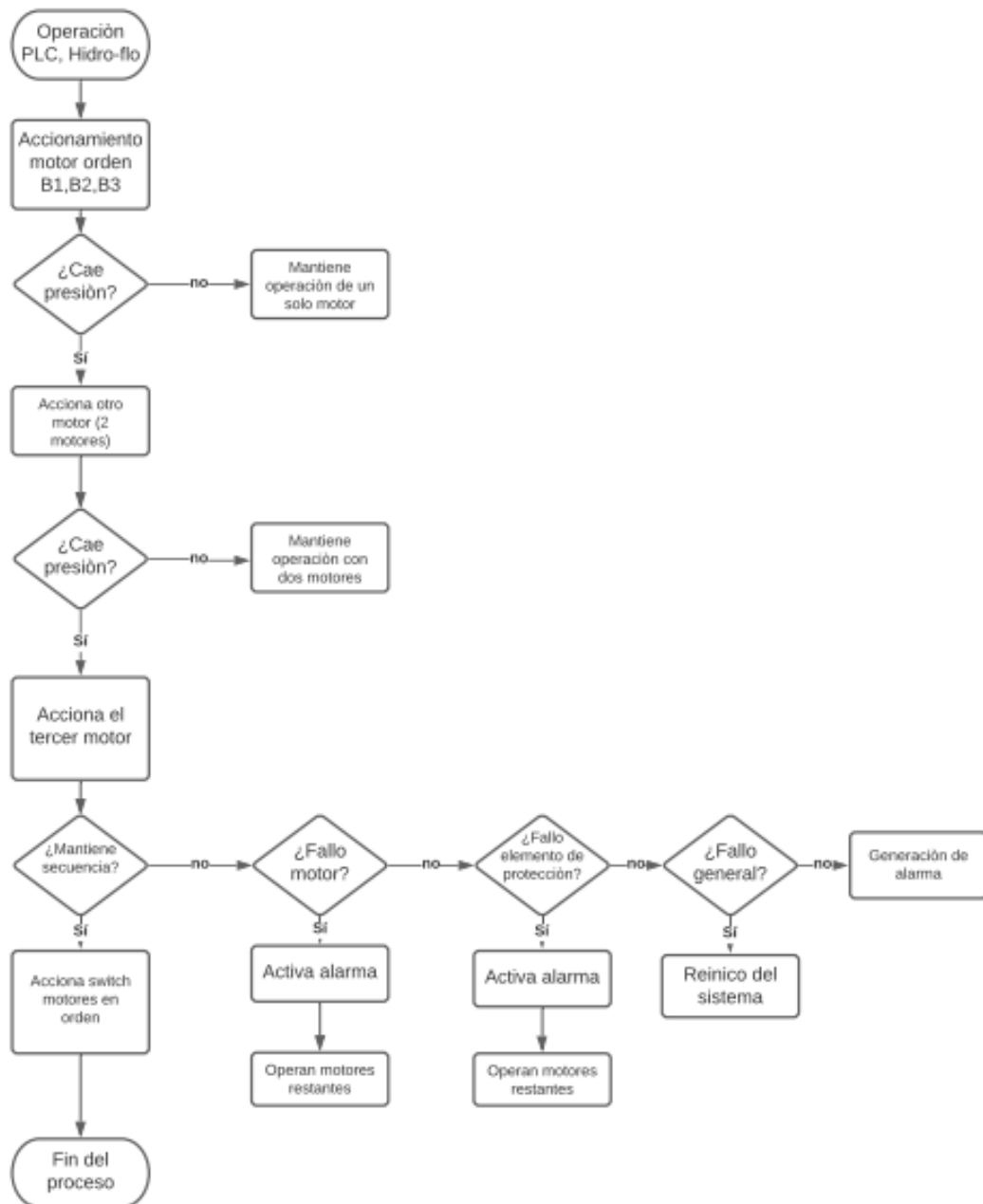
Figura 23. Conexión de relé térmico bajo la guía de técnico especializado



Fuente: Del autor

En la figura anterior se puede observar la parametrización del PLC para la gestión del sistema hidro-flo. La parametrización de forma clara se puede encontrar en el ANEXO F. A continuación se plantea un diagrama de flujo para simplificar la representación de como opera el PLC dentro del sistema, o mas específicamente la función que cumple.

Figura 26 Diagrama de flujo operación PLC



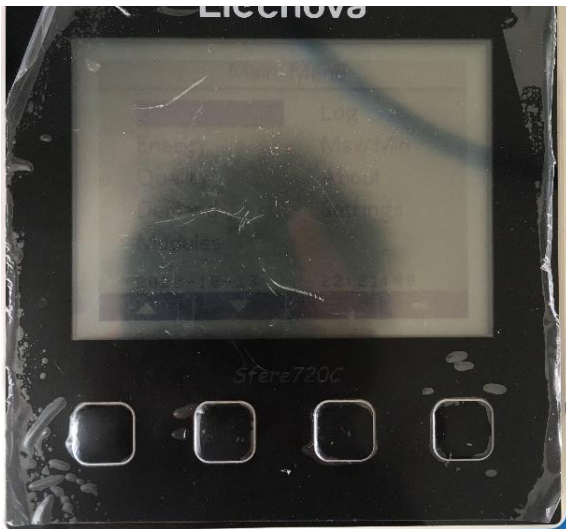
Fuente: El autor. **VER ANEXO K**

Barrajes de emergencia y alimentación principal (tablero eléctrico):

El procedimiento para la instalación del dispositivo de monitoreo en los barrajes de alimentación y en la alimentación principal es muy similar puesto que en ambos casos el dispositivo a utilizar es el analizador de red (Sfere 720c) para toma de señales relacionadas con la medición de voltajes y corrientes del sistema, cuya variación representa una alarma en el software SCADA.

Inicialmente se identifican los mapas de memoria de los analizadores de red que se utilizaran para el monitoreo de los tableros de barrajes de emergencia y la alimentación principal y se procede a realizar la parametrización dentro del software SCADA de acuerdo a los rangos de voltaje y corriente normales del sistema para la programación de alarmas.

Figura 27 Parte frontal analizador de red para tableros eléctricos



Fuente: El autor

Figura 28 Parte trasera analizador de red usado para prueba piloto en vivienda



Fuente: El autor.

En el caso del analizador de red la situación es simple puesto que la operación de este se basa en:

- a) Lectura continua de señales. (Corriente, voltajes, etc...)
- b) Envío de señales a VT SCADA.
- c) Alarma en caso de variación en las señales.

Por cuestiones de tiempo, planeación y la actual crisis vivida por el COVID-19 no se incluye el proceso de instalación y monitoreo de los tableros eléctricos, sin embargo se plantea el procedimiento, la parametrización en software SCADA y la realización de pruebas piloto dentro de las instalaciones de una vivienda con el dispositivo indicado (Sfere 720c- Elecnova) para demostrar la factibilidad y funcionalidad del dispositivo como solución de monitoreo para la atención de emergencias ante falla para la realización de labor de mantenimiento. A continuación, se presenta figuras relacionadas con las pruebas realizadas dentro de una vivienda mediante el uso del analizador de red:

Prueba piloto en vivienda #1:

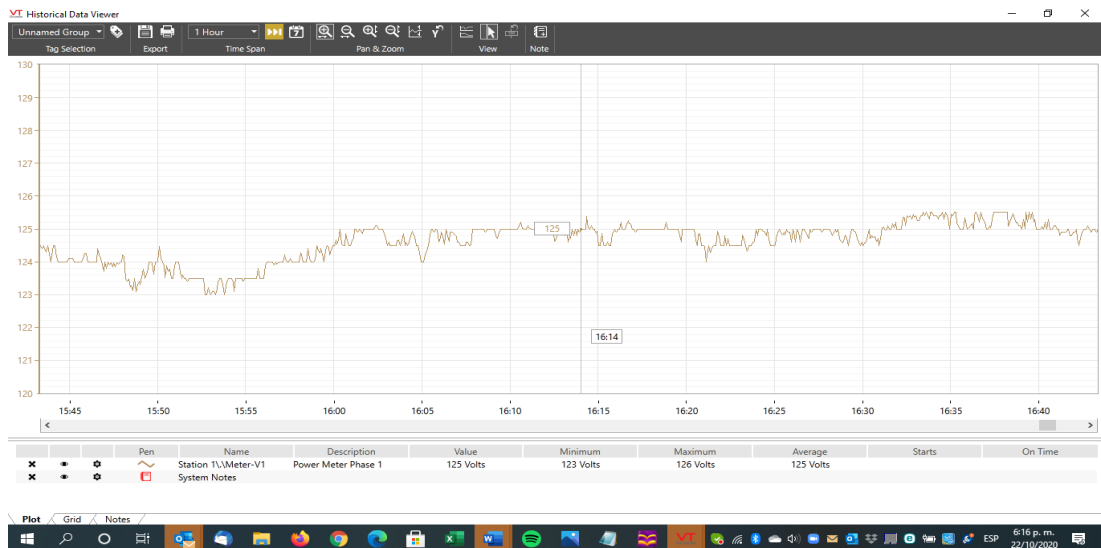
Figura 29. Analizador de red conectado al PC y red eléctrica vivienda



Fuente: Del autor. **VER ANEXO L**

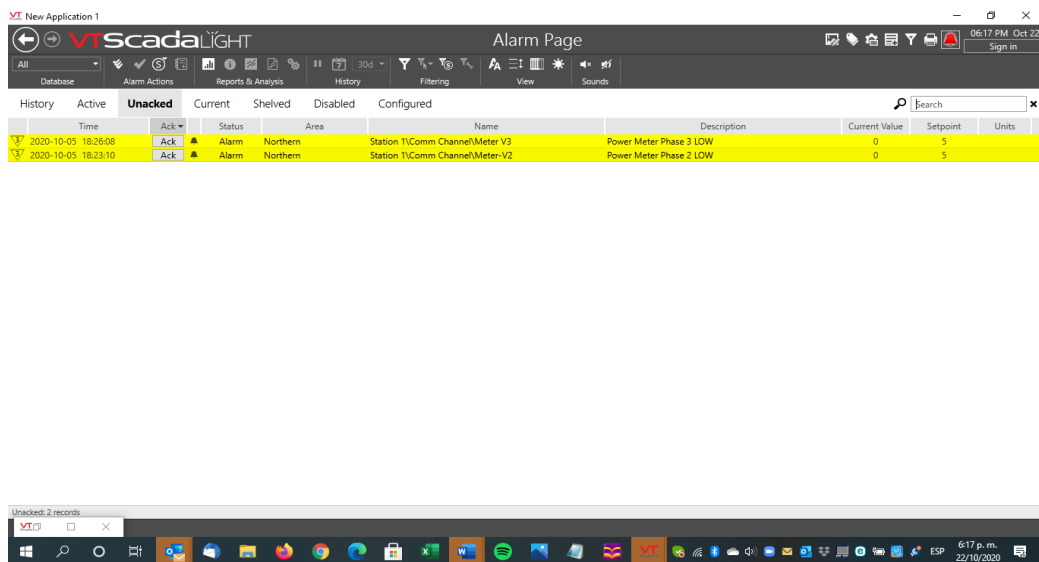
En la figura anterior se presenta el analizador de red conectado directamente a una toma de corriente de la vivienda, para la lectura de señales de salida de voltaje. El analizador de red se encuentra adicionalmente conectado a un ordenador portátil para la transferencia de señales para la lectura en el software VT SCADA. Este piloto constituye la primera prueba para verificar la funcionalidad y factibilidad de la instalación del analizador de red como dispositivo de monitoreo y control para la atención de emergencias. A continuación, se presenta el registro de datos relacionado con el voltaje a lo largo de 4 horas:

Figura 30. Grafica registro de voltaje VT SCADA



Fuente: El autor

Figura 31. Grafica registro de alarmas VT SCADA



Fuente: El autor

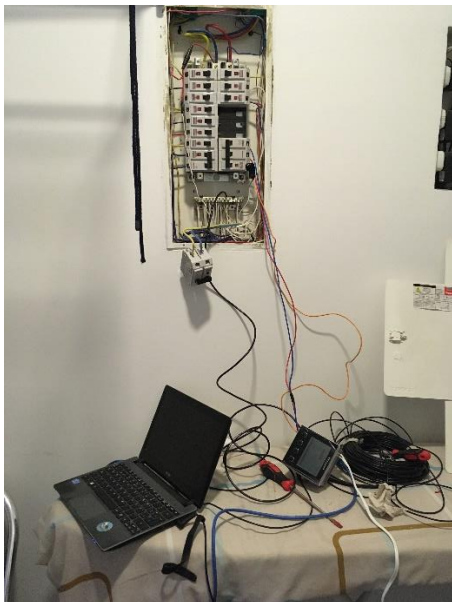
En la figura anterior se muestra la representación de dos alarmas arrojadas por la caída de voltaje del sistema la cual se simulo mediante la el apagado de el taco de energía de ese punto de la vivienda. Puesto que la lectura de señales de voltaje se daba en dos fases el software VT SCADA arrojó una alarma para cada fase. En el caso de que una alarma de estas se presentara en el sistema monitoreado del caso de estudio (tablero eléctrico), se procedería de inmediato a designar un técnico para la atención de la emergencia.

Prueba piloto en vivienda #2:

En la prueba piloto #2 realizada con la utilización de un analizador de red Sfera 720c de la marca elecnova se realizó la conexión del analizador de red directamente al tablero de breakers de la vivienda, realizando la desconexión de uno de los breakers con el fin de realizar la conexión directa del analizador de red en 3 fases para la lectura de señales de cada fase, para el registro continuo de datos. En este caso se realizó la prueba durante un periodo de tiempo de 6 horas y al igual que en la prueba piloto #1 se conectó el analizador de red al ordenador portátil mediante puerto ethernet para transferencia de señales recopiladas por el analizador de red. Al igual que en la prueba piloto #1 se simuló la caída de tensión mediante el apagado del breaker, lo que arrojó de inmediato alarma que se representó en el software VT SCADA.

A continuación, se presenta la evidencia de la segunda prueba piloto realizada en la vivienda tanto del montaje físico como del registro por medio de la lectura de señales del software SCADA:

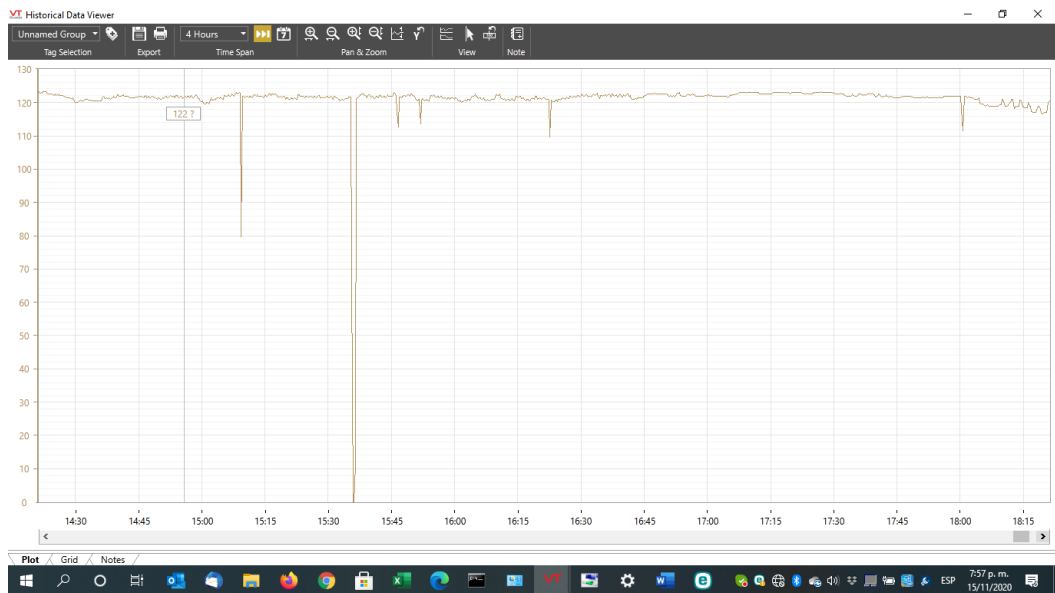
Figura 32. Prueba piloto en 3 fases.



Fuente: El autor. **VER ANEXO L**

En la siguiente figura se presenta el registro de voltaje durante 6 horas continuas, se evidencia que en dos puntos hay dos desviaciones considerables en la representación gráfica del registro de voltaje, lo cual se debe a la caída de tensión por la simulación mediante el apagado del breaker al que se encontraba asociado el analizador de red.

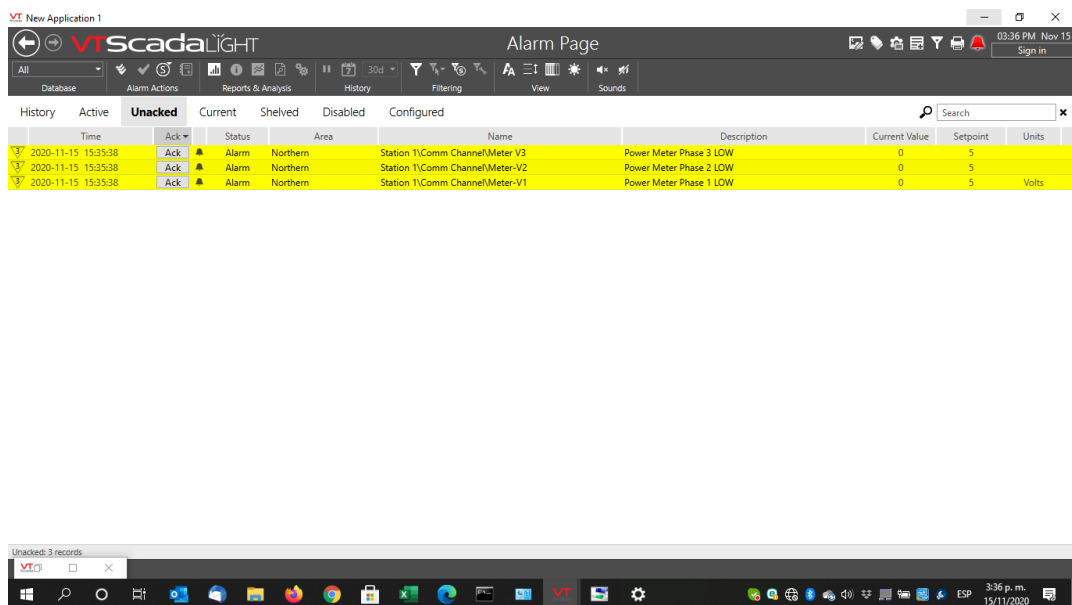
Figura 33 Registro de voltaje durante 6 horas



Fuente: El autor

En la siguiente figura se representa las alarmas arrojadas por el software VT SCADA a partir de la lectura de señales de voltaje del analizador de red. Se presentan 3 alarmas puesto que la lectura de señales se estaba dando en 3 fases por lo cual se arroja una alarma por cada fase. Al igual que en la prueba piloto #1 esta prueba muestra la factibilidad y efectividad del monitoreo de un sistema mediante el uso de un dispositivo de monitoreo y control así como su asociación con una plataforma de tipo SCADA.

Figura 34. Representación de alarmas en 3 fases



Fuente: El autor

La forma en la cual se realizó el enlace del analizador de red con la plataforma VT SCADA fue mediante la revisión del manual para identificar los protocolos tipo Modbus bajo los cuales trabaja el analizador de red además de los mapas de memoria con el fin de hacer la selección en la interfaz de la plataforma SCADA al igual que la inserción de datos para la correcta realización del enlace del dispositivo con el software. Siguiendo al enlace del dispositivo con el Software SCADA se identificó el parámetro que se quería analizar que en este caso fue voltaje de salida una toma del sistema eléctrico de la casa y se realizó la debida inserción de datos y rangos de lectura en el software SCADA. Adicional se realizó la programación de las alarmas con el fin de que se activaran en caso de que hubiera una alteración muy grande en el voltaje, de esta forma en caso de una variación por fuera del rango, caída de energía o corto la alarma se activaría de inmediato y se haría evidente en la interfaz del software SCADA.

Con base en las 2 pruebas piloto realizadas dentro de la vivienda con la utilización del analizador de red se determina que factible y viable la instalación de 2 analizadores de red tanto en el tablero eléctrico del barraje de emergencia como en el de barraje principal del caso de estudio plazuela de toscana, como solución de monitoreo y control para la atención de emergencias para la realización de mantenimiento correctivo, adicional el registro de datos de forma continua en el software SCADA a partir de las señales tomadas por el analizador de red y enviadas por medio de la solución de comunicación al software SCADA muestran un claro precedente, para la lectura de datos con fines de análisis para el planteamiento de soluciones de mantenimiento de tipo predictivo y basado en confiabilidad que mejoraría de forma radical la gestión de mantenimiento que se realiza actualmente en el sistema.

Planta de emergencia:

La planta de emergencia entra a operar ante caídas de tensión dentro de la red eléctrica del caso de estudio conjunto residencial plazuela de toscana, así mismo dentro de las instalaciones institucionales o de tipo residencial donde se hace uso de esta se presenta como una solución ante caídas de tensión o interrupción total del suministro de energía durante un determinado periodo de tiempo. Con el tiempo puede estar sujeta a falla si no se realiza mantenimiento de forma correcta y en el momento adecuado, en el caso de la planta de emergencia del caso de estudio conjunto residencial plazuela de toscana, esta opera de forma correcta con fallas en ciertos momentos y cuenta con un periodo de vida útil prolongado por delante, sin embargo no cuenta con un controlador y en consecuencia no es posible monitorearla y controlarla, ni realizar diagnóstico de ningún tipo para la realización de labores de mantenimiento **VER ANEXO A y B**. A continuación, se muestra el dispositivo a instalar en la planta de emergencia (controlador), la cual por su antigüedad no lo posee y es vital para gestionar su operación, así como hace posible su monitoreo remoto, así como el enlace con el software VT SCADA para la gestión de mantenimiento:

Figura 35 Controlador planta de emergencia



Fuente: El autor. **VER ANEXO L**

Figura 36 Parte trasera controlador planta emergencia



Fuente: El autor.

El controlador hace posible determinar a nivel general:

- a) Presión del aceite de la planta de emergencia.
- b) Nivel de combustible de la planta de emergencia.
- c) Temperatura del motor.
- d) Voltaje de las baterías de arranque del motor.

Estos datos se pueden visualizar en el controlador y de forma remota en el software VT SCADA, ya que el controlado cuenta con puerto de comunicación remota tipo modbus. Adicional es posible monitorear de forma remota hasta 16 alarmas además del apagado del generador. El monitoreo remoto de la planta de emergencia mediante la utilización del controlador trae consigo un cambio enorme en la gestión de mantenimiento de la planta puesto que al realizar la lectura continua de señales de operación es posible establecer mantenimiento de tipo preventivo y predictivo basado en el tiempo de operación de la planta de

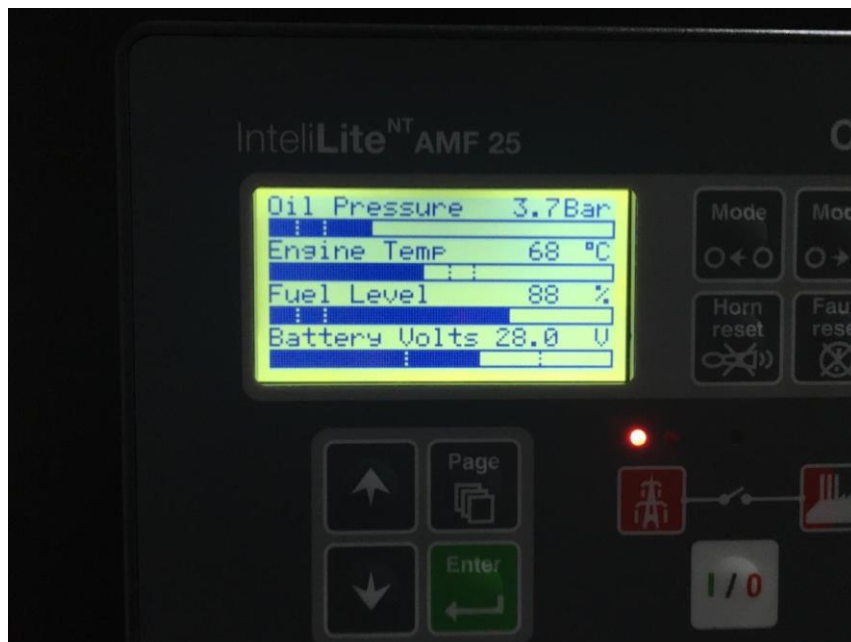
emergencia, así como factores relacionados con cambios abruptos de temperatura del motor, en la presión del aceite entre otros. A continuación, se presenta evidencia fotográfica que sustenta la instalación del controlador en la planta de emergencia del conjunto residencial plazuela de toscana el día 13 de noviembre del año 2020.

Figura 37. Interfaz de controlador en modo automático



Fuente: El autor.

Figura 38 Interfaz con lectura de parámetros planta emergencia



Fuente: El autor.

La programación del controlador se dio de forma manual y basado en las especificaciones de la planta de emergencia la cual es CUMMINS modelo 80DGDA. A continuación, se presenta la tabla en la cual se encuentran los datos insertados para la parametrización del controlador de forma respectiva en cada sección de configuración de la interfaz del controlador. Adicionalmente se presenta el archivo de configuración general del controlador de la planta de emergencia en el **ANEXO M**, así como las alarmas:

Tabla 8 Ajustes básicos de planta de emergencia

Basic Settings (Ajustes Básicos)	
Gen-set Name (Nombre Equipo):	IL-NT
Nominal Power (Potencia Nom) [kW]	125 kW
Nomin Current (Corriente Nom) [A]	410 A
CT Ratio (Relación de TC) [/5A]	400/5A
PT Ratio (Relación PT Gen) [/1]	1.0/1
Vm PT Ratio (Relación PT Red) [/1]	1.0 V/V
NomVolts Ph-N (VoltNom L-N) [V]	127 V
NomVolts Ph-Ph (VoltNom L-L) [V]	220 V
Nominal Freq (Frecuencia Nom) [Hz]	60 Hz
Gear Teeth (Número Dientes) [-]	0
Nominal RPM	1800 RPM
ControllerMode (Modo Controlador) [OFF, MAN, AUT, *TEST]	AUT
Reset To MAN (Restab A MAN) [ENABLED/DISABLED]	DISABLED
ConnectionType (TipoDeConexión) [3Ph4Wire / 3Ph3Wire / Split Ph / Mono Ph]	3Ph4Wire
CT Location (Ubicación CT) [Load/GenSet]	Genset

Fuente: El autor

Tabla 9 Ajuste de comunicaciones controlador Planta Emergencia

Comms Settings (Comunicaciones)	
ControllerAddr (1 .. 32) (Dirección Contr) [-]	1
COM1 Mode (Modo COM1) [DIRECT/MODEM/MODBUS/ECU LINK]	DIRECT

COM2 Mode (Modo COM2) [DIRECT/MODBUS/ECU LINK]	DIRECT
ModbusComSpeed (Velocid ModBus) [9600,19200, 38400, 57600]	9600
IBLite IP Addr (IBLiteDirección) [-]	192.168.1.254
IBLite NetMask (IBLite Mascara) [-]	255.255.255.0
IBLite GateIP (IBLite Puerta) [-]	192.168.1.1
IBLite DHCP (IBLite DHCP) [ENABLED/DISABLED]	ENABLED
ComAp Port (Puerto ComAp) [0 - 65535]	23
AirGate [ENABLED/DISABLED]	ENABLED
AirGate IP [-]	Airgate.comap.cz
Time Zone (Zona Horaria) [-]	GMT+1:00
DNS IP Address (Dirección DNS) [-]	8.8.8.8

Fuente: El autor

Tabla 10 *Parametros del motor*

Engine Params (Parametros Motor)	
Starting RPM (RPM Arranque) [%]	25%
Starting Oil P (Presión Araque) [Bar]	2.1 Bar
Prestart Time (Tiempo Prearranque) [s]	2s
MaxCrank Time (T Max Arranque) [s]	10 s
CrnkFail Pause (Pausa Intentos) [s]	15 s
Crank Attempts (Intentos Arranque) [-]	3
Idle Time (Tiempo Ralenti) [s]	12 s
Min Stab Time (T Min Estab) [s]	2 s
Max Stab Time (T Max Estabil) [s]	10 s
Cooling Speed (Velocidad Enfriamiento) [IDLE/NOMINAL]	60 s
Cooling Time (T Enfriamiento) [s]	70 s
Stop Time (Tiempo Parada) [s]	70 s
Fuel Solenoid (Solenoid Bomba) [DIESEL / GAS]	DIESEL

D+ [ENABLED/CHRGFAIL/DISABLED]	Function (Función)	D+	ENABLED
ECU [PRIMARY/SECONDARY/DEFAULT]	FreqSelect (SeleccFrec)	ECU	90%
ECU SpeedAdj (AjustVeloc ECU) [%] Fuel Pump ON (Bomba Comb ON) [%]			1s
Louver time			0s
Fuel Pump OFF (Bomba Comb OFF) [%]			50%
TempSwitch ON (SwitchTemp ON) [-]			90
TempSwitchOFF (SwitchTemp OFF) [-]			75
PowerSwitch ON (SwitchCarga ON) [kW]			10 kW
PowerSwitchOFF (SwitchCarga OFF) [kW]			3 kW
FuelTankVolume (VlumenTanqComb) [l]			302 L
MaxFuelDrop (MaxConsumoComb) [%/h]			20%

Fuente: El autor

Tabla 11 Protección del motor

Engine Protect (Protec. Motor)	
ProtectHoldOff (Ret Prot Motor) [s]	5s
Horn Timeout (Tiempo Sirena) [s]	10s
Overspeed Sd (Sd Sobreveloci) [%]	115%
AI1 Wrn (AI1 Wrn) [Bar]	2.0 Bar
AI1 Sd (AI1 PTo) [Bar]	1.0 Bar
AI1 Del (AI1 Ret) [s]	3 s
AI2 Wrn (AI2 Wrn) []	80 °C
AI2 Sd (AI2 PTo) []	90 ° C
AI2 Del (AI2 Ret) [s]	5 s
AI3 Wrn	20%
AI3 Sd (AI3 PTo) []	10%
AI3 Del (AI3 Ret) [s]	10s
Batt Undervolt (<Volt Batería) [V]	18 V

Batt Overvolt (>Volt Batería) [V]	36 V
Batt Volt Del (RetVoltBatería) [s]	5 s
WrnMaintenance (WrnMantenimien) [h]	9999 h

Fuente: El autor

Tabla 12 Protección generador

Gener Protect (Protección Generador)	
Overload BOC (Sobrecarga BOC) [%]	120%
Overload Del (Ret Sobrecarga) [s]	5s
Short Crct BOC (CortCircuito BOC) [%]	250%
Short Crct Del (Ret CortCircuto) [s]	0.04 s
*Amps IDMT Del (Ret IDMT Corri) [s]	10 s
Amps Unbal BOC (Asim Corri BOC) [%]	50%
Amps Unbal Del (RetAsimetrCorr) [s]	5 s
Gen >V Sd (>Volt Gen PTo) [%]	110%
Gen <V BOC (Gen <V BOC) [%]	70%
Gen V Del (Ret Volt Gen) [s]	3 s
Volt Unbal BOC (Asim Volt BOC) [%]	10%
Volt Unbal Del (RetAsimetrVolt) [s]	3s
Gen >Freq BOC (>Frec Gen BOC) [%]	110%
Gen <Freq BOC (<Frec Gen BOC) [%]	85%
Gen Freq Del (Ret Gen Frec) [s]	3 s

Fuente: El autor

Tabla 13 Ajustes de transferencia

AMF Settings (Transferencia)	
Operation Mode (Modo Operación) [AMF/MRS/SLAVE/MASTER]	AMF
DualAMFTime (TiempoAMFDual) [h]	24 h
RetFromIsland (RegresoDeIsla) [MANUAL/AUTO]	AUTO

EmergStart Del (RetArranqEmerg) [s]	5 s
MainsReturnDel (Ret RetornoRed) [s]	20 s
Transfer Del (Ret Transferen) [s]	1 s
MCB Close Del (Ret Cierre MCB) [s]	1 s
Mains >V (>Voltaje Red) [%]	110%
Mains <V (<Voltaje Red) [%]	85%
Mains V Del (Ret Volt Red) [s]	2 s
Mains V Unbal (Asim Volt Red) [%]	10%
Mains VUnb Del (Ret Asim V Red) [s]	2 s
Mains >Freq (>FrecuenciaRed) [%]	102 %
Mains <Freq (<FrecuenciaRed) [%]	98%
Mains Freq Del (Ret Frec Red) [s]	0.5 s
MCB Logic (Lógica IntRed) [CLOSE-ON / CLOSE-OFF]	CLOSE-ON
ReturnFromTEST (RegresoDeTEST) [MANUAL / AUTO]	AUTO
MCB Opens On (SelApertIntRed) [MAINSFAIL / GENRUN]	MAINSFAIL

Fuente: El autor

Tabla 14 Configuración de fecha y hora

Date/Time (Fecha/Hora)	
*Time Stamp Per (T RegistrEvento) [min]	60 min
*#SummerTimeMod (ModoHoraVerano) [DISABLED / WINTER / SUMMER, WINTER-S, SUMMER-S]	DISABLED
*#Time (Hora) [HHMMSS]	13:28:46
*#Date (Fecha) [DDMMYYYY]	13/11/20
Timer1..2Function (Función Timer1..2)	No Func
*Timer 1..2 Repeat (Repetir Timer 1..2)	NONE
*Timer1..2 ON Time (Hora Timer 1..2 ON)	5:00:00
*Timer1..2Duration (DuraciónTimer1..2)	5 min
AI1Calibration	0 Bar
AI2Calibration	0 °C
AI3Calibration	0%

Posterior a la configuración del controlador de la planta de emergencia se puso en servicio con el fin de verificar que no se hubiera alterado el funcionamiento de la planta por cuenta de un mal procedimiento durante la instalación del controlador. La instalación del controlador en la planta de emergencia sienta un precedente para el monitoreo y la intervención adecuada mediante una práctica de mantenimiento acorde con las necesidades y requerimientos que presente con el tiempo de operación.

8.3 Objetivo específico 3

Definir el conjunto procesos y procedimientos para establecer el sistema de respuesta ante emergencia, así como los perfiles que responden necesidades para el mantenimiento.

Para el desarrollo del objetivo 3 se determinó que las 2 herramientas mas adecuadas para la ejecución de este fueran:

- Cursograma analítico.
- Procedimientos operativos normalizados.

Estos dos métodos son claves para el desarrollo es este objetivo puesto que se describe el paso a paso de los procedimientos para el establecimiento de respuesta ante emergencia presentada en el caso de estudio Conjunto residencial plazuela de toscana. En el caso del cursograma analítico se presenta de forma y secuencial la documentación de las labores que se realizan dentro de un proceso que en este caso es el de atención de emergencias, identificando errores y a la vez puntos sujetos a mejora, adicional es posible realizar un estudio de tiempos de forma superficial o minuciosa que permite determinar el tiempo que tarda cada labor, así como el proceso en general. En el caso de los procesos normalizados de operaciones es posible describir la secuencia tanto de métodos como operaciones que deben aplicarse dentro de un proceso para una finalidad determinada que en este caso es la atención de emergencia para sistemas asociados al suministro de servicios esenciales.

8.3.1 Conjunto de procesos y procedimientos para el establecimiento de sistema de respuesta ante emergencia (cursograma analitico):

Para determinar los procesos y procedimientos a llevar a cabo es necesario entender paso a paso como se llevaba la gestión de respuesta ante emergencia presentada en alguno de los subsistemas asociados al suministro de servicios esenciales que hacen parte del presente estudio de caso, con el fin de identificar los aspectos de mejora que van relacionados principalmente con las demoras en la atención de la emergencia, las inspecciones superficiales y las demoras en la determinación de la falla así como la labor correctiva. El método mas adecuado para la identificación de procesos, así como tiempos de respuesta ante

emergencia, fue el cursograma analítico ya que en este fue posible representar los procesos involucrados, así como el orden y las demoras de cada uno de estos. Así mismo fue posible representar las inspecciones y los transportes involucrados dentro del proceso de atención de emergencia para sistemas asociados al suministro de servicios esenciales. Se realizó:

- a) Cursograma analítico basado en el proceso de respuesta ante emergencia llevado a cabo normalmente por el personal técnico subcontratado por la administración. **ANEXO E**
- b) Cursograma analítico propuesto del proceso respuesta ante emergencia basado en el automatismo, control y monitoreo remoto. **ANEXO N**

A continuación, se presentan los paso a paso de los procedimientos realizados para la atención de emergencias actualmente y los propuestos a partir del automatismo como solución de monitoreo remoto:

a) Procedimientos para atención de emergencias actual y llevados a cabo por técnico subcontratado por la administración del conjunto residencial plazuela de toscana (caso de estudio):

- 1) Funcionamiento sistema de suministro S. esencial
- 2) Suministro servicio esencial
- 3) Interrupción suministro servicio esencial
- 4) Comunicación de usuario final con portería
- 5) Comunicación portería con admin
- 6) Revisión por parte de portería
- 7) Comunicación portería S. Generales
- 8) Revisión por parte de S. Generales
- 9) Suspensión suministro S. Esencial (S. General)
- 10) Reporte S. Generales a Administración (CR)
- 11) Identificación superficial falla
- 12) Búsqueda de solución factible (Admin)
- 13) Llamado empresa S. Tecnicos para la atención de falla
- 14) Elección técnico atención falla
- 15) Desplazamiento técnico atención falla
- 16) Llegada técnico atención falla
- 17) Requisitos y autorización entrada técnico
- 18) Desplazamiento técnico sistema que fallo
- 19) Inspección sistema por parte técnico
- 20) Identificación origen falla (Técnico)
- 21) Reporte de origen falla Admin
- 22) Inicio corrección falla
- 23) Solicitud de compra repuestos o materiales
- 24) Compra repuestos o materiales
- 25) Realización mantenimiento correctivo
- 26) Reporte administración
- 27) Restauración suministro S. Esencial

b) Procedimientos propuestos para la atención de emergencias de sistemas asociados al suministro de servicios esenciales para el conjunto residencial plazuela de toscana (caso de estudio):

- 1) Monitoreo remoto continuo S.Suministro S.esenciales.
- 2) Detección de falla por parte automatismo.
- 3) Representación alarma SCADA.
- 4) Revisión por parte personal.
- 5) Identificación origen falla.
- 6) Designación técnico especializado.
- 7) Desplazamiento técnico asignado.
- 8) Llegada técnico atención de falla.
- 9) Requisitos y autorización entrada técnico.
- 10) Revisión sistema con equipo especializado.
- 11) Suspensión suministro S.esencial.
- 12) Realización labor de mantenimiento.
- 13) Restauración servicios esenciales.
- 14) Reporte exhaustivo administración (vía correo).

Basados en el análisis realizado a partir del cursograma analítico planteado en el ANEXO E y N se encuentra que el numero de demoras en los procedimientos actuales es mucho mayor a los propuestos puesto que van de 371 a 209 minutos aproximadamente. La reducción en las demoras de los procedimientos, así como el tiempo que tarda la atención de la emergencia se debe a la respuesta inmediata y además efectiva que se logra gracias al automatismo que en la mayoría de los casos puede llevar al origen de la falla mediante las señales de alarma mostradas en el software VT SCADA.

8.3.2 Procedimientos operativos normalizados:

Los procesos y procedimientos más adecuados se llevaron a cabo en una tabla de procedimientos operativos normalizados en los cuales se establecido un diseño con el fin de responder a situaciones predefinidas que y de alto riesgo como lo son las emergencias presentadas por cuenta de fallas en los sistemas asociados al suministro de servicios esenciales a tratar durante el presente proyecto. Mediante lo procesos operativos normalizados se tomaron decisiones por anticipado respecto a la actuación idónea para cada uno de los actores involucrados en caso de emergencia, con el fin de programar y ejecutar las acciones en secuencia en caso de presentación de emergencia (**ANEXO D**).

Se realizaron los procedimientos operativos normalizados para la atención de emergencias en:

- Planta de emergencia.
- Sistema hidro-flo.
- Tableros eléctricos.

- Subestación eléctrica.

Cabe resaltar que la atención de emergencias a partir de las alarmas generadas por el automatismo simplifica en una gran medida los procedimientos a realizar para la atención de emergencia, puesto que de una u otra forma se entraría a atacar la raíz del problema.

9. CONCLUSIONES

- La gestión del mantenimiento es un pilar fundamental para el desarrollo de un proceso ya que de esta depende la continuidad del mismo conforme el paso del tiempo.
- Un programa de monitoreo con procesos de apoyo por demanda que responda con las necesidades de los sistemas esenciales tiene un mayor impacto en la gestión de mantenimiento que la ejecución de labores de mantenimiento de tipo exclusivamente correctivo, disminuyendo costos a largo plazo y aumentando la fiabilidad y confiabilidad del sistema en cuestión.
- Los planes y la gestión del mantenimiento para cada sistema asociado al suministro deben llevarse a cabo de forma individual y bajo un manual de procedimientos que responda con las necesidades de cada subsistema puesto que tanto su función como composición es distinta al igual que el impacto y riesgo que representa la falla de cada subsistema asociado al suministro de servicios esenciales en cuestión.
- El monitoreo remoto, la recopilación de datos sobre el estado de un equipo para su posterior análisis permite diseñar de forma adecuada un plan de mantenimiento y además modificar condiciones del sistema que puedan ser perjudiciales en la operación en el transcurso del tiempo.
- Procesos de automatización, monitoreo y control aplicados en la industria pueden ser ejecutados en una escala mucho menor en procesos menos complejos que involucren sistemas o equipos, asociados al suministro de servicios de diferente índole.
- Los procesos y procedimientos para dar respuesta a una emergencia, son vitales para reducir la posibilidad de error humano, fallas adicionales por intervención inadecuada, prevención de riesgos y además para llevar a cabo la atención de la emergencia de forma óptima y adecuada, respondiendo con los requerimientos y necesidades presentadas por un sistema o equipo al momento de falla.
- El monitoreo y control permite por medio de dispositivos de automatización no solo solo permite determinar el estado de sistemas o equipos en tiempo real, sino que también del entorno en el que se encuentra el equipo bajo determinadas condiciones puede impactar el funcionamiento a corto o largo plazo.
- El mantenimiento tiene un impacto directo sobre la calidad de un producto o servicio y en consecuencia en la satisfacción del usuario final (cliente).
- En la medida en que el mantenimiento resulta ser determinante en la continuidad de los procesos productivos y en la calidad misma del producto y/o servicio es claro que una parte importante del campo de acción del ingeniero industrial actual es la gestión de mantenimiento. Esto bajo el entendido de que el profesional se integra a un grupo multidisciplinario para orientar un trabajo que es fundamental para el buen funcionamiento de la organización.

- El monitoreo remoto y las funciones de diagnóstico y protección que se pueden estructurar a partir de él se convierte en una herramienta muy valiosa para la gestión de mantenimiento. Finalmente, el uso de las diferentes estrategias de mantenimiento basado en los requerimientos del sistema, así como el análisis de condiciones reales sirven como base para la implementación de un esquema de mantenimiento basado en confiabilidad que lleva a un cambio radical en la forma como opera y se gestiona el sistema aumentando tanto la fiabilidad como la confiabilidad.

-La gestión de mantenimiento está condicionada por la disponibilidad de unos recursos mínimos y en esa medida va a establecerse un compromiso costo-beneficio, cuyo equilibrio no se puede garantizar fácilmente en el caso de los usuarios de tipo institucional. En efecto a diferencia de un sistema productivo no se pueden hacer ajustes para garantizar que los beneficios van a garantizar el pago de los recursos mínimos.

- La información obtenida a través de automatización se puede convertir en una herramienta valiosa para la toma de decisiones de mantenimiento siempre y cuando se configuren y lean variables representativas de la condición del equipo y el modo en que está siendo operado.

- La automatización de los sistemas productivos permite no solo un alto grado de control del proceso, sino que permite la compilación continua de datos para el análisis y toma de decisiones, bajo la premisa de que no se puede controlar lo que no se sabe.

- La posibilidad de analizar información obtenida de automatismos en sistemas esenciales de instalaciones institucionales permite estructurar una estrategia de mantenimiento que sería totalmente inviable desde el punto de vista económico a través de operadores humanos. En este sentido es importante aclarar que este tipo de labor solo puede ser realizada por una compañía especializada en gestión de mantenimiento mediante un esquema estructurado y a escala.

- A nivel de un crecimiento de escala la información que puede llegar a manejarse puede complicar en gran medida la identificación oportuna de fallas y el manejo logístico. Esto implicaría que en el proceso de desarrollo de un proceso de tercerización de servicios de este tipo la compañía de mantenimiento tendría que involucrarse en técnicas de aprendizaje automático e inteligencia artificial para mantener un balance adecuado entre los requerimientos de usuario y su planta de personal, teniendo en cuenta que las personas encargadas de las tareas de monitoreo e intervención de equipos deben poseer una calificación profesional alta (formar un grupo grande de personas homogéneo es complejo).

- La compañía que se involucre en la gestión de mantenimiento debe procurar estandarizar el tipo de equipos involucrados en las instalaciones monitoreadas para simplificar el proceso de instalación y configuración del sistema de monitoreo.

- La disponibilidad de repuestos y manejo de inventarios para la gestión de mantenimiento facilita y minimiza los costos del servicio.

10 BIBLIOGRAFIA

- [1] D. Niño, «Google Drive,» 2020. [En línea]. Available: <https://drive.google.com/drive/folders/1i6fx4Oy9fMGeWLLWqoAaMLFpywzhmvYLT?usp=sharing>.
- [2] Aranda, «Aranda formación,» 7 Febrero 2020. [En línea]. Available: <https://arandaformacion.com/blog/gestion-administrativa-curso/>.
- [3] C. d. colombia, «Ley 675 de 2001,» [En línea]. Available: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0675_2001.html.
- [4] Dane, «Bogota como vamos,» 2018. [En línea]. Available: <https://bogotacomovamos.org/bogota-crece-hacia-arriba/#:~:text=La%20ciudad%20sigue%20creciendo.,total%20de%202.587.226%20predios..>
- [5] Maquiclick, «Maquiclick,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.fabricantes-maquinaria-industrial.es/consecuencias-de-no-realizar-un-mantenimiento/>.
- [6] Renovetec, 2020. [En línea]. Available: <http://www.renovetec.com/590-mantenimiento-industrial/110-mantenimiento-industrial/305-tipos-de-mantenimiento>.
- [7] ISOtools, «Isotools,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.isotools.org/soluciones/procesos/gestion-por-procesos/>.
- [8] O. i. d. trabajo, «Organización internacional del trabajo,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.ilo.org/global/industries-and-sectors/utilities-water-gas-electricity/lang--es/index.htm>.
- [9] L. A. M. Gutierrez, Mantenimiento planeación, ejecución y control, Alfaomega, 2000.
- [10] M. V. Moya, 21 4 2016. [En línea]. Available: <https://www.revistalogistec.com/index.php/scm/estrategia-logistica/item/2278-estrategia-calidad-de-servicio>.
- [11] R. Cook, 2013. [En línea]. Available: <https://www.aplyca.com/es/blog/como-fallan-los-sistemas>.
- [12] A. O. Gomez, 2019. [En línea]. Available: <http://www.sdp.gov.co/sites/default/files/ph Equipamientos.pdf>.

- [13] L. F. Mesa, 16 2018. [En línea]. Available: <https://www.pragma.com.co/blog/3-tipos-de-analisis-de-datos-para-mejorar-la-toma-de-decisiones>.
- [14] Seampedia, «Seampedia,» 3 5 2018. [En línea]. Available: <https://www.seampedia.com/que-es-una-linea-de-produccion/>.
- [15] T. Watt, «Termo Watt,» 28 marzo 2018. [En línea]. Available: <https://www.termo-watt.com/blog-actualidad/82-cuales-son-los-tipos-de-mantenimiento-industrial>.
- [16] Renovetec, 2013. [En línea]. Available: <http://ingenieriadelmantenimiento.com/index.php/26-articulos-destacados/17-plan-de-mantenimiento-basado-en-rcm>.
- [17] e, «ENGEMAN,» 2020. [En línea]. Available: <https://blog.engeman.com/es/rcm/>. [Último acceso: 2020].
- [18] K. Ishikawa, «Nueva ISO 9001:2015,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.nueva-iso-9001-2015.com/2016/09/desarrollo-concepto-calidad/>.
- [19] N. ISO, «ISO 25000,» 2020. [En línea]. Available: <https://iso25000.com/index.php/normas-iso-25000/iso-25010/24-fiabilidad>. [Último acceso: 2020].
- [20] J. D. J. Cervantes, Sistemas de distribución eléctrica, Azcapotzalco, 1995.
- [21] Endesa, «Endesa,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.fundacionendesa.org/es/recursos/a201908-sistema-de-iluminacion>.
- [22] Vatia, «Vatia,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.vatia.com.co/Blog/Detalle/planta-de-emergencia-el233ctrica-una-soluci243n-a-tus-necesidades>.
- [23] VANTI, «VANTI,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.grupovanti.com/hogar/distribucion-de-gas-natural/seguridad-en-nuestras-redes-de-distribucion/>.
- [24] H. y. maquinas, «Herramientas y maquinas,» 2016. [En línea]. Available: <https://www.demaquinasyherramientas.com/herramientas-electricas-y-accesorios/bombas-de-agua-funcionamiento>.
- [25] IMSEL, «IMSEL,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.imsel.com/que-es-cctv-y-cual-es-su-funcion/>.
- [26] R. I. Ortola, «Sistema de control y monitoreo de equipos,» 2017.
- [27] Aula21, «Aula 21,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-hmi/>.

- [28] Aldakin, «Aldakin,» 2020. [En línea]. Available: <http://www.aldakin.com/aplicaciones-plc-industria-moderna/>. [Último acceso: 2020].
- [29] Logicbus, «Logicbus,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.logicbus.com.mx/importancia-del-plc.php>.
- [30] Autycom, «AUTYCOM,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.autycom.com/aplicaciones-del-plc-en-la-industria-moderna/>. [Último acceso: 20 7 2020].
- [31] J. L. R, «Como funciona el PLC,» 2020. [En línea]. Available: <https://como-funciona.co/un-plc/>. [Último acceso: 2020].
- [32] SIEMENS, «SIEMENS,» 2020. [En línea]. Available: <https://new.siemens.com/mx/es/productos/automatizacion/systems/industrial/plc/logo.html>.
- [33] Admin, «Electronica Unicrom,» 2020. [En línea]. Available: <https://unicrom.com/historia-del-plc-modicon-modbus/>. [Último acceso: 2020].
- [34] Genera, «Genera Tecnologias,» 2020. [En línea]. Available: https://www.generatecologias.es/programmable_logic_controller.html.
- [35] E. B. School, «EAE Business School,» 2017. [En línea]. Available: <https://retos-operaciones-logistica.eae.es/proceso-de-produccion-en-que-consiste-y-como-se-desarrolla/>. [Último acceso: 8 2020].
- [36] A. Espert, «Sothis Tech,» 2018. [En línea]. Available: <https://www.sothis.tech/scada-que-es-y-que-permite-hacer/>.
- [37] V. SCADA, «VT SCADA,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.vtscada.com/what-is-vtscada/>.
- [38] Mileto, «Mileto,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.xn--miletodiseoyconstruccion-9kc.com/las-10-faltas-mas-frecuentes-en-los-proyectos-de-propiedad-horizontal/>.
- [39] Lanner, «Lanner,» 2017. [En línea]. Available: <https://www.lanner-america.com/es/blog-es/sistemas-scada-de-cuarta-generacion-modernizacion-de-la-monitorizacion-industrial-remota/>.
- [40] Q. pro, «Question pro,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.questionpro.com/blog/es/tipos-de-investigacion-de-mercados/>.

- [41] L. Botella, «Inforges,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.inforges.es/post/5-claves-optimizacion-procesos-recursos-empresa>.
- [42] P. estadística, «Población estadística,» 2020. [En línea]. Available: <https://enciclopediaeconomica.com/poblacion-estadistica/>.
- [43] G. Maps, «Google maps,» 2020. [En línea]. Available: https://www.google.com/maps?q=conjunto+residencial+plazuela+de+toscana&um=1&ie=UTF-8&sa=X&ved=2ahUKEwiwn_T_jsnsAhUIrFkKHQzpABgQ_AUoAXoECBoQAw.
- [44] J. F. Lopez, «Economipedia,» 2020. [En línea]. Available: <https://economipedia.com/definiciones/muestra-estadistica.html>.
- [45] C. Jurídico, «El tiempo,» 2019. [En línea]. Available: <https://www.eltiempo.com/justicia/servicios/cuales-son-mis-derechos-en-un-contrato-por-prestacion-de-servicios-410694>.
- [46] Desconocido, «Unesco,» [En línea]. Available: <http://www.unesco.org/new/es/culture/themes/%20cultural-diversity/diversity-of-cultural%20expressions/tools/policy-guide/planificar/diagnosticar/arbol-de-problemas/#:~:text=El%20%C3%A1rbol%20de%20problemas%20es,relaciones%20de%20tipo%20causa%2Defecto.&tex>.
- [47] D. Mairal, «Aragon Valley,» 25 2 2015. [En línea]. Available: <http://www.aragonvalley.com/arbol-de-objetivos-goal-tree-metodo-establecer-criterios/#.X6MkKohKjIU>.
- [48] M. B. Bellovi, «Ministerio de trabajo y asuntos sociales españa,» [En línea]. Available: https://www.cso.go.cr/legislacion/notas_tecnicas_preventivas_insht/NTP%20679%20-%20Análisis%20modal%20de%20fallos%20y%20efectos.%20AMFE.pdf. [Último acceso: 2020].
- [49] Opertek, «Opertek,» 21 Noviembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.opertek.com/blog/que-es-scada-y-como-funciona/>.
- [50] P. horizontal, «Propiedad horizontal,» 2015. [En línea]. Available: http://propiedadhorizontalcun2015.blogspot.com/p/marco-historico_29.html#:~:text=En%20Bogotá%20existen%20aproximadamente%20m%C3%A1s,relevancia%20en%20la%20construcción%20de.

- [51] E. WIKI. [En línea]. Available: [https://www.eoi.es/wiki/index.php/Planificaci%C3%B3n_de_las_instalaciones_\(Plan_Operativo\)_en_Proyectos_de_negocio](https://www.eoi.es/wiki/index.php/Planificaci%C3%B3n_de_las_instalaciones_(Plan_Operativo)_en_Proyectos_de_negocio).
- [52] E. WIKI, «EOI WIKI,» 2020. [En línea]. Available: [https://www.eoi.es/wiki/index.php/Planificaci%C3%B3n_de_las_instalaciones_\(Plan_Operativo\)_en_Proyectos_de_negocio](https://www.eoi.es/wiki/index.php/Planificaci%C3%B3n_de_las_instalaciones_(Plan_Operativo)_en_Proyectos_de_negocio).
- [53] C. d. Colombia, «Secretaria del senado,» 3 Agosto 2001. [En línea]. Available: http://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0675_2001.html.
- [54] P. d. I. republica, «Gestor normativo,» 20 marzo 2020. [En línea]. Available: <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=110596>.
- [55] N. I. 9, 16 octubre 2018. [En línea]. Available: <https://www.nueva-iso-9001-2015.com/2018/10/quiere-saber-lo-que-significa-la-gestion-de-calidad/>.
- [56] O. Camacho, «SciELO,» 2007. [En línea]. Available: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0254-07702007000300007.
- [57] G. maps, 20120. [En línea]. Available: https://www.google.com/maps?q=conjunto+residencial+plazuela+de+toscana&um=1&ie=UTF-8&sa=X&ved=2ahUKEwiwn_T_jsnsAhUIrFkKHQzpABgQ_AUoAXoECBoQAw.
- [58] «El PLC,» 2020. [En línea]. Available: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/WebCQMh1/PAGINA%20PRINCIPAL/PLC/plc.htm>. [Último acceso: 20 8 2020].
- [59] Admin, «Prototipado LAB,» 2018. [En línea]. Available: <http://paolaguimerans.com/openeart/2018/05/05/que-son-los-sensores/>. [Último acceso: 2020].
- [60] Anonimo, «Sensores,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.mecatronicalatam.com/es/tutoriales/sensores/>. [Último acceso: 2020].
- [61] G. Roncancio, «Pensemos,» 20 11 2018. [En línea]. Available: <https://gestion.pensemos.com/que-es-el-balanced-scorecard-o-cuadro-de-mando-integral-un-resumen>.
- [62] Desconocido, «Globofran,» 12 2013. [En línea]. Available: <http://globofran.com/gerencia-del-servicio/>.

11. LISTADO DE ANEXOS:

ANEXO A - Fotografía sistemas esenciales Plazuela de toscana 2019.

ANEXO B- Fotografías actuales sistemas esenciales P. de toscana.

ANEXO C- Excel AMEF.

ANEXO D- Excel procedimientos operativos normalizados.

ANEXO E- Cursograma analítico atención de emergencias actual.

ANEXO F- Parametrización PLC Hidro-flo.

ANEXO G- Esquema plataforma monitoreo.

ANEXO H- Unifilar general.

ANEXO I- Unifilar hidro-flo.

ANEXO J- Unifilar control hidro-flo.

ANEXO K- Diagrama de flujo PLC.

ANEXO L- Fotografías prueba piloto y controlador.

ANEXO M- Configuración controlador planta de emergencia.

ANEXO N- Cursograma atención¹ de emergencia propuesto.

Enlaces anexos

<https://drive.google.com/drive/folders/1i6fx4Oy9fMGeWLWqoAaMLFpywzhmvYLT?usp=sharing>