

**DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA LOS SISTEMAS DE  
AUTOMATIZACIÓN, SEGURIDAD Y COMPONENTES SOSTENIBLES DEL  
EDIFICIO E3T DE LA UIS.**

**FRANKLIN ALFREDO FIGUEROA FUENTES  
GERARDO RAMÍREZ MIELES**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS FISICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE  
TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA**

**2015**

**DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA LOS SISTEMAS DE  
AUTOMATIZACIÓN, SEGURIDAD Y COMPONENTES SOSTENIBLES DEL  
EDIFICIO E3T DE LA UIS.**

**FRANKLIN ALFREDO FIGUEROA FUENTES  
GERARDO RAMÍREZ MIELES**

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

**Director**

**GABRIEL ORDÓÑEZ PLATA  
Ingeniero Electricista**

**Codirector**

**MANUEL JOSÉ ORTIZ RANGEL  
Ingeniero Electricista**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS FISICO-MECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE  
TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA**

**2015**

*Este trabajo de grado está dedicado a quienes siempre estuvieron conmigo:*

*A mis abuelos por su apoyo incondicional y sobre todo por su comprensión.*

*A mi papá por su apoyo.*

*A mis hermanos quienes de una u otra forma me motivaron siempre en la culminación de este proyecto.*

*A mis tíos por quienes de forma desinteresada siempre me apoyaron.*

*Franklin Figueroa Fuentes*

*Este trabajo de grado tiene estas cortas líneas de agradecimiento para cada una de aquellas personas han estado conmigo:*

*A Dios por darme la vida y ser ese guía en cada uno de mis pasos.*

*A mi madre y a la memoria de mi padre (Q.E.P.D) que han sido mi fuente de inspiración, y motivo de orgullo en quienes siempre encontré el apoyo incondicional para este logro.*

*A cada una de esas personas en especial a la señora Carmen Gómez (Q.E.P.D), a las familias Lizarazo, Parra, Ochoa que han contribuido en la formación profesional y humana a lo largo de mi vida.*

*Gerardo Ramírez Mieles*

## **AGRADECIMIENTOS**

A Gabriel Ordoñez Plata, Ingeniero Electricista, director del proyecto, por su respaldo, confianza y colaboración oportuna.

A José Manuel Ortiz Rangel, Ingeniero Electricista, codirector del proyecto, por su respaldo, confianza y colaboración oportuna.

A todos mis familiares, que me motivaron de una u otra forma a culminar este trabajo, en especial a mis abuelos y hermanos, por su apoyo incondicional y sus enseñanzas brindadas.

A todos mis amigos, en especial David, Luis Carlos, Kevin, Jairo y Rossana por su amistad y apoyo incondicional.

*Franklin Alfredo Figueroa Fuentes*

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Dr. Gabriel Ordoñez Plata director del proyecto por su confianza, respaldo, conocimiento y orientaciones brindadas a lo largo de este proyecto de grado.

Al Ms. José Manuel Ortiz Rangel codirector del proyecto de grado, por su respaldo confianza y conocimiento brindado a lo largo de este proyecto de grado.

A la Universidad Industrial de Santander, por ser la fuente de conocimiento en la vida profesional y humana.

A mis amigos y compañeros de estudio por su amistad, confianza y apoyo.

*Gerardo Ramírez Mieles*

## CONTENIDO

	<b>Pág.</b>
INTRODUCCIÓN	24
1. OBJETIVOS	28
1.1 OBJETIVO GENERAL	28
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	28
2. MARCO TEÓRICO	30
2.1 MANTENIMIENTO	30
2.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO	30
2.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO	31
2.4 MANTENIMIENTO PREVENTIVO	31
2.5 MANTENIMIENTO PREDICTIVO	32
2.5.1 Objetivo del mantenimiento predictivo	33
2.5.2 Ventajas del mantenimiento predictivo	35
2.5.3 Desventajas del mantenimiento predictivo	36
2.5.4 Criterios para establecer un plan de mantenimiento predictivo	36
2.6 MANTENIMIENTO CERO HORAS	41
2.7 MANTENIMIENTO PROACTIVO	41
2.8 ANÁLISIS DE CRITICIDAD	42
2.9 CONCEPTOS BÁSICOS	42
2.10 MATRIZ DE CRITICIDAD	43
2.11 RCM - MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD	44
2.12 PROPÓSITO DE IMPLEMENTAR RCM	44
2.13 PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA RCM	45
2.14 FUNCIONES	46

2.15 FALLAS FUNCIONALES	47
2.16 MODO DE FALLAS	47
2.17 EFECTOS DE LAS FALLAS	48
2.18 CONSECUENCIA DE LAS FALLAS	48
2.18.1 Consecuencias para la seguridad y el medio ambiente	50
2.18.2 Consecuencias operacionales	50
2.18.3 Consecuencias no operacionales	50
2.19 TAREAS DE MANTENIMIENTO	50
2.20 PATRONES DE FALLA	51
2.20.1 Patrón A	52
2.20.2 Patrón B	53
2.20.3 Patrón C	54
2.20.4 Patrón D	54
2.20.5 Patrón E	55
2.20.6 Patrón F	56
3. ELEMENTOS DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN Y SEGURIDAD	57
3.1 SUBSISTEMA DE CCTV	58
3.2 MINI DOMO DE LA SERIE SARIX IMSOLW-E CON SUREVISION MARCA PELCO.	59
3.3 VIDEOGRABADORA DE RED DIGITAL SENTRY (DSSRV-060DVD-US) NVR	61
3.4 MONITOR LCD SERIE PMCL500 DE 42"	63
3.5 SUBSISTEMA DE DETECCIÓN DE INCENDIOS	64
3.6 PANEL DE INCENDIO SIMPLEX 4100ES	65
3.7 NAC-EXTENDER 4009 IDNET	66
3.8 ANUNCIADOR REMOTO SIMPLEX 4603-9101	67
3.9 SENSOR FOTOELÉCTRICO 4098-9714 CON BASE DIRECCIONABLE MARCA SIMPLEX	68
3.10 SENSOR DE CALOR 4098-9714 CON BASE DIRECCIONABLE MARCA SIMPLEX	69

3.11 SENSOR DUAL 4098-9754 CON BASE DIRECCIONABLE MARCA SIMPLEX	70
3.12 SIRENA CON LUZ ESTROBOSCÓPICA SIMPLEX MONTAJE EN MURO Y TECHO 4906-9127 Y LUZ ESTROBOSCÓPICA 4906-9101 MONTAJE DE PARED	71
3.13 ESTACIÓN MANUAL SIMPLEX 4099-9002	72
3.14 MÓDULO DIRECCIONABLE INDIVIDUAL (RELAY-IAM) 4090-9002	73
3.15 MÓDULO DIRECCIONABLE INDIVIDUAL (IAM) 4090-9001	74
3.16 BOTÓN DE PÁNICO ENFORCER SS-078Q	75
3.17 SISTEMA CONTROL DE ACCESOS	76
3.18 LECTORAS DE TARJETA	77
3.19 DETECTORAS DE APERTURA	78
3.20 CERRADURAS ELECTROMAGNÉTICAS	79
3.21 BOTONES PULSADORES	79
3.22 PULSADORES DE APERTURA EN PUESTOS DE TRABAJO	80
3.23 SENSOR DE INUNDACIÓN	81
3.24 DONA DE CORRIENTE H800	82
3.25 CONTROLADORAS ANDOVER CONTINUUM ACX	83
3.26 MÓDULO DE EXPANSIÓN PARA CONTROLADORA	84
3.27 CONTROLADORA ANDOVER CONTINUUM INFINET I2624 E I2800	84
3.28 SUBSISTEMA DE ILUMINACIÓN	85
3.29 LUMINARIAS	86
3.30 CONTROLADORA ANDOVER CONTINUUM INFINET II I2920	87
3.30.1 Power Pack Leviton OSP20-RD0	88
3.30.2 Power Pack Legrand WattStopper BZ-5	89
3.30.3 OSC10-M0W Leviton sensor de ocupación techo 360° 92,9 m <sup>2</sup>	90
3.30.4 OSC05-M0W Leviton sensor de ocupación techo 180° 46,45 m <sup>2</sup>	91
3.30.5 Sensor de ocupación WattStopper CX-100 (PIR)	93
3.30.6 Sensor de ocupación ODC0S-I2	94
3.30.7 Sensor de ocupación leviton ODS10-ID decora	95

3.30.8 LS-102 daylight controller	96
3.30.9 LS-301 dimming photosensor	97
3.40 ELEMENTOS DEL SUBSISTEMA DE CLIMATIZACIÓN	98
3.40.1 Extractor de aire SILENT 300	99
3.40.2 Extractor de aire SILENT TD-500/150-160	100
3.40.3 Aire acondicionado	101
4. ELEMENTOS DE COMPONENTES SOSTENIBLES	104
4.1 TUBOS SOLARES SOLATUBE 160 DS LIGHT TUNNEL	104
5. INVENTARIO Y CODIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS	106
5.1 PROCEDIMIENTO PARA EL LEVANTAMIENTO DEL INVENTARIO DE EQUIPOS DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN SEGURIDAD Y COMPONENTES SOSTENIBLES DEL EDIFICIO E3T DE LA UIS	107
5.2 RECOPIACIÓN DE DATOS	107
5.3 INSPECCIÓN VISUAL	108
5.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	108
5.5 ELABORACIÓN DE RESULTADOS	109
5.6 INVENTARIO DE EQUIPOS DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN SEGURIDAD Y COMPONENTES SOSTENIBLES DEL EDIFICIO DE LA E3T	109
5.7 CODIFICACIÓN	111
6. ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS COMPONENTES	116
6.1 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS PUNTOS.	117
6.2 CÁLCULO DEL NIVEL DE CRITICIDAD	120
6.3 RESULTADOS OBTENIDOS	122
7. CONDICIONES CONTRACTUALES Y POSVENTA	124
7.1 EXIGENCIAS ESTABLECIDAS AL CONTRATISTA POR PARTE DE LA UNIVERSIDAD	125
7.2 PROPONENTES	127
7.3 CALIFICACIÓN DE EME	127
8. PLAN DE MANTENIMIENTO	129

8.1 IMPLEMENTACIÓN DEL RCM PARA CADA UNO DE LOS SUBSISTEMAS DEL EDIFICIO DE LA E3T	129
8.1.1 Determinación de las funciones del equipo	130
8.1.2 Determinación de los fallos funcionales	131
8.1.3 Determinación de modo de fallo.	132
8.1.4 Determinación de medidas preventivas	132
8.1.5 Determinación de frecuencias de medidas preventivas	133
8.2 RESULTADOS	134
9. SELECCIÓN DE HERRAMIENTA DE CÓMPUTO	136
9.1 BENEFICIOS DE IMPLEMENTAR UNA HERRAMIENTA COMPUTARIZADA EN UN PLAN DE MANTENIMIENTO.	136
9.2 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE SOFTWARE DE MANTENIMIENTO	137
9.3 PRESENTACIÓN COMERCIAL DE LOS SOFTWARE	138
9.4 EL MP2	138
9.4.1 Datastream 7i	139
9.4.2 MPX Mantec	141
9.4.3 RENOVEGEM (Renovegem Standard Edition)	142
9.4.4 Programación en Excel	143
9.5 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	144
10. E3TMANT	146
11. MANTENIMIENTO PREDICTIVO	153
11.1 Diagrama de flujo del mantenimiento predictivo	154
11.2 CONDICIONES MÍNIMAS PARA ASEGURAR LA IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO.	155
11.3 PERSPECTIVA CULTURAL Y HABILIDADES DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO	156
11.4 VISTA GENERAL DE IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO	157
12. CONCLUSIONES	159
13. RECOMENDACIONES	161

BIBLIOGRAFÍA	162
REFERENCIA BIBLIOGRAFIA	168
ANEXOS	174

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
Figura 1. Modelo de patrón A [12].	52
Figura 2. Modelo de patrón B [12].	53
Figura 3. Modelo de patrón C [12].	54
Figura 4. Modelo de patrón D [12].	54
Figura 5. Modelo de patrón E [12].	55
Figura 6. Modelo de patrón F [12].	56
Figura 7. Integración de los subsistemas.	57
Figura 8. Diagrama de funcionamiento subsistema de CCTV [14].	58
Figura 9. Mini Domo [14].	59
Figura 10. Videgrabadora [15].	61
Figura 11. Monitor LCD [16].	63
Figura 12. Descripción general del subsistema de detección de incendios [13].	64
Figura 13. Panel de Incendio.	65
Figura 14. NAC Extender.	66
Figura 15. Anunciador remoto.	67
Figura 16. Sensor fotoeléctrico [13].	68
Figura 17. Sensor de calor [18].	69
Figura 18. Sensor dual [18].	70
Figura 19. Sirena [18].	71
Figura 20. Estación manual [14].	72
Figura 21. Módulo direccionable relay IAM [19].	73
Figura 22. Módulo direccionable IAM [19].	74
Figura 23. Botón de pánico [20].	75

Figura 24. Diagrama de subsistema de control y seguridad [21].	77
Figura 25. Lectora HID [21].	78
Figura 26. Detector de apertura [21].	78
Figura 27. Cerradura electromagnética [21].	79
Figura 28. Botón pulsador [21].	80
Figura 29. Botón pulsador [21].	80
Figura 30. Sensor de inundación [22].	81
Figura 31. Dona de corriente [14].	82
Figura 32. Controladora ACX [23].	83
Figura 33. Módulo de expansión ACX [23].	84
Figura 34. Controladora Infinet i [24].	85
Figura 35. Diagrama de subsistema de iluminación [25].	86
Figura 36. Luminarias [25].	87
Figura 37. Controladora Infinet ii [24].	87
Figura 38. Unidad de alimentación [26]	88
Figura 39. Power pack [27].	89
Figura 40. Sensor de ocupación [28].	90
Figura 41. Sensor de ocupación [28].	91
Figura 42. Sensor de ocupación [29].	93
Figura 43. Sensor de ocupación [28].	94
Figura 44. Sensor de ocupación [28].	95
Figura 45. Fococelda [30].	96
Figura 46. Fococelda [30].	97
Figura 47. Diagrama subsistema de climatización [25].	99
Figura 48. Extractor de aire [31].	99
Figura 49. Extractor de aire [32].	100
Figura 50. Aire acondicionado [33].	101
Figura 51. Unidad de refrigeración [33].	102
Figura 52. Aire acondicionado [25].	103
Figura 53. Tubo solar [34].	104

Figura 54. Diagrama de flujo del proceso de análisis de criticidad [38].	116
Figura 55. Criticidad de elementos.	123
Figura 56. Ejemplo de funciones.	130
Figura 57. Ejemplo de fallos funcionales.	131
Figura 58. Ejemplo de modo de fallos.	132
Figura 59. Ejemplo de medidas preventivas.	133
Figura 60. Ejemplo de frecuencias.	133
Figura 61. Cronograma de actividades	135
Figura 62. Diagrama de flujo de módulo de inicio, bosquejo de la herramienta.	147
Figura 63. Diagrama de flujo de historial.	148
Figura 64. Diagrama de flujo de fichas técnicas.	149
Figura 65. Diagrama de flujo de tareas programadas.	149
Figura 66. Diagrama de flujo de lista de proveedores.	150
Figura 67. Diagrama de flujo de análisis predictivo.	151
Figura 68. Diagrama de flujo de equipos.	152
Figura 69. Diagrama de flujo de información.	152
Figura 70. Diagrama de flujo del plan de mantenimiento predictivo.	154
Figura 71. Costos de instalación y operación [43].	156

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Conceptos básicos del análisis de criticidad.	42
Tabla 2. Diseño de matriz de criticidad.	44
Tabla 3. Especificaciones de tubo solar [34].	105
Tabla 4. Inventario de elementos por piso.	109
Tabla 5. Lista de codificación.	112
Tabla 6. Nomenclatura de subsistemas.	112
Tabla 7. Codificación de subsistemas.	113
Tabla 8. Tabla de criterios para la estimación de la frecuencia.	118
Tabla 9. Tabla de puntajes para criterios.	119
Tabla 10. Análisis de criticidad de selectores.	121
Tabla 11. Condiciones ofrecidas por EME INGENIERÍA S.A [40].	127
Tabla 12. Tabla de evaluación de alternativas.	144

## **LISTA DE ANEXOS**

ANEXO A: Manual de E3T MANT

ANEXO B: Manual de mantenimiento preventivo

ANEXO C: Informes de EME INGENIERÍA S.A

ANEXO D: Inventario

ANEXO E: Resultado de criticidad

ANEXO F: Visita técnica

ANEXO G: Código de programación en Excel

## RESUMEN

**TITULO:** DISEÑO DE UN PROGRAMA DE MANTENIMIENTO PARA LOS SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN, SEGURIDAD Y COMPONENTES SOSTENIBLES DEL EDIFICIO E3T DE LA UIS.<sup>1</sup>

**AUTORES:** FRANKLIN ALFREDO FIGUEROA FUENTES  
GERARDO RAMÍREZ MIELES\*\*

**PALABRAS CLAVES:** Mantenimiento Preventivo, Mantenimiento Predictivo, Análisis de Criticidad, Herramienta de Mantenimiento.

### DESCRIPCIÓN:

El presente trabajo de grado representa la elaboración de un plan de mantenimiento preventivo implementando la metodología de mantenimiento basado en confiabilidad, RCM, para los equipos de automatización, seguridad y componentes sostenibles del edificio de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander, con el objetivo de garantizar la disponibilidad de los elementos y tener el programa de mantenimiento incluso después de culminar la posventa por parte de la empresa contratista EME INGENIERÍA S.A.

En primer lugar se realiza la identificación de los componentes que pertenecen a los sistemas de automatización, seguridad y componentes sostenibles del edificio de Ingenierías Eléctricas, Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander, teniendo esto se realiza el inventario de los elementos para su posterior codificación, utilizando un método que ayuda a la identificación de cada elemento junto con su ubicación. Seguido se aplica el análisis de criticidad, basado en la metodología RCM, y se definen periodos y tareas de mantenimiento, con lo cual se diseña el programa de mantenimiento. Para este último punto se debió tener en cuenta las condiciones contractuales y de postventa por parte de la empresa contratista EME INGENIERÍA S.A.

Posteriormente se realiza una evaluación de alternativas para la selección de una herramienta sistemática permite facilitar la gestión de mantenimiento y garantizar la trazabilidad de la información y se decide diseñar un software de mantenimiento preventivo basada en la programación de Macros para Visual Basic para Excel. Finalmente se identifican los criterios y alternativas para la futura aplicación de técnicas de mantenimiento predictivo basado en la eficiencia.

---

<sup>1</sup>Trabajo de Grado.

\*\*Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingenierías Eléctricas, Electrónica y de Telecomunicaciones. Director PhD Gabriel Ordoñez Plata. Codirector MIE. Manuel José Ortiz Rangel.

## SUMMARY

**TITLE:** DESIGN OF A MAINTENANCE PROGRAM FOR AUTOMATION, SECURITY AND SUSTAINABLE COMPONENTS OF E3T'S BUILDING UIS.<sup>2</sup>

**WRITTEN BY:** FRANKLIN ALFREDO FIGUEROA FUENTES  
GERARDO RAMÍREZ MIELES\*\*

**KEYWORDS:** Preventive Maintenance, Predictive Maintenance, Criticality Analysis, Maintenance Tool.

### **DESCRIPTION:**

This paper grade is developing a maintenance plan implementing the methodology of reliability based in maintenance, RCM, for automation equipment, security and sustainable components in the Electrical Engineering, Electronics and Telecommunications building in the Universidad Industrial de Santander, in order to ensure the availability of the items and have the maintenance program even after completing the aftermarket by the contractor EME INGENIERIA S.A.

First identify the components belonging to the automation equipment, security and sustainable components in the Electrical Engineering, Electronics and Telecommunications building in the Universidad Industrial de Santander is performed, with this inventory of items to be performed subsequent coding using a method that helps to identify each element along with its location. Followed criticality analysis based on the RCM methodology and, periods and maintenance are performed, whereby the maintenance program is designed. For this last point was due to consider the contractual and sales conditions by the contractor EME INGENIERIA S.A.

Subsequently an assessment of alternatives is performed for the selection of a systematic tool which allows easy management of maintenance and ensure the traceability of information and it is decided to design a software preventive maintenance scheduling based in Macros to Visual Basic for Excel. Finally the criteria and alternatives for the future application of predictive maintenance techniques based on efficiency are identified.

---

<sup>2</sup> Degree Work.

\*\*Faculty of physicmechanical Engineering. School of Electrical Engineering, Electronics Engineering and Telecommunications. Director Engineering Gabriel Ordoñez Plata. Co MIE. José Manuel Ortiz Rangel.

## INTRODUCCIÓN

La Universidad Industrial de Santander (UIS) es una institución de educación superior con sesenta y seis años de trayectoria dedicada a formación de profesionales y a la investigación en diversas disciplinas de las ciencias básicas y aplicadas. Actualmente se reconoce como la más representativa en el oriente colombiano y cuenta con ocho sedes: tres en la ciudad de Bucaramanga (El Campus Central, La Facultad de Salud y La sede UIS Bucarica), la sede Guatiguará en la ciudad de Piedecuesta, una sede en la ciudad de Barbosa, una sede en la ciudad de Barrancabermeja, una en la ciudad de Málaga y una en la ciudad de Socorro.

El campus principal dispone de un área de 337 mil metros cuadrados y está ubicado en la zona nororiental de la meseta de Bucaramanga. Actualmente tiene construidos los siguientes edificios:

- Facultades de Ingenierías.
- Facultad de Ciencias y Humanidades.
- Bienestar Universitario,
- Administración II
- Auditorio Luis A. Calvo
- Biblioteca Central
- Administración I.
- Centro de Tecnologías de Información y Comunicación - CENTIC,
- Otras edificaciones como auditorios, talleres, laboratorios, museos, canchas deportivas y zonas verdes.

La Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones desarrolla en la Universidad Industrial de Santander actividades de formación, investigación y extensión en los campos de conocimiento de las tres (3) ingenierías que le dan su nombre. Para esto tiene a su disposición una infraestructura física distribuida fundamentalmente en tres edificios en el campus principal:

- Edificio de Ingeniería Eléctrica, IE
- Edificio Laboratorio de Alta Tensión, LAT
- Edificio Laboratorios Pesados, LP.

En razón a la actualización de la norma sismo resistente colombiana, se adelanta por parte de la Universidad el reforzamiento estructural de las edificaciones más antiguas, en este aspecto el edificio de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones (E3T) fue intervenido en los aspectos estructural, arquitectónico, y fue actualizado en la demás infraestructura de servicios, en el aspecto energético fue dotado de subestación, planta de emergencia y nuevas instalaciones de uso final, en el aspecto de operación fue instalado un sistema de automatización que involucra los subsistemas de circuito cerrado de TV, control de accesos, detección de incendio, e iluminación.

Adicionalmente se incorporaron algunos sistemas sostenibles como tubos reflectantes solares, una cubierta verde, climatización. Después del reforzamiento el edificio cuenta con un área de 1 498 m<sup>2</sup>, distribuidos 169 m<sup>2</sup> en el sótano, 455 m<sup>2</sup> en el primer piso, 460 m<sup>2</sup> en el segundo piso y 414 m<sup>2</sup> en el tercer piso. Al edificio se le realizó una reciente modificación estructural extendiendo la cubierta del sótano 75 m<sup>2</sup>, la cubierta del primer piso 94 m<sup>2</sup>, la cubierta del segundo piso 94 m<sup>2</sup>, la cubierta del tercer piso 145 m<sup>2</sup>, y se construyó un cuarto piso con una cubierta de 459 m<sup>2</sup>, un quinto piso con una extensión en cubierta de 335 m<sup>2</sup> y terraza técnica de 120 m<sup>2</sup>, y un sexto piso con un terraza técnica de 434 m<sup>2</sup>, para

un total de 1 202 m<sup>2</sup> de área cubierta nueva y 554 m<sup>2</sup> de terrazas técnicas nuevas, teniendo como área cubierta total 2 700 m<sup>2</sup> y área de terraza técnica total 554 m<sup>2</sup> en toda la edificación.

Teniendo en cuenta la creciente incursión de la electrónica y la automatización de las edificaciones, la E3T resulta pionera en la región en cuanto a la incorporación de infraestructura en el enfoque sostenible con propósitos académicos, gracias a las modificaciones realizadas al edificio repotenciado funciona bajo el concepto de edificio inteligente, seguro, automatizado y amigable con el medio ambiente.

Aunque las técnicas de automatización de edificaciones ya se habían aplicado en la Universidad en la construcción del Centro de Tecnologías de Información y Comunicación "CENTIC". En este sentido, el plan de mantenimiento de la E3T debe garantizar que el edificio no sufra deterioros por las dificultades presentadas durante su utilización. Teniendo en cuenta las instalaciones eléctricas, de automatización y de componentes sostenibles involucradas en el edificio E3T, las adecuadas y oportunas actividades de mantenimiento son de gran importancia para el buen funcionamiento y la continuidad de la operación de los componentes del edificio.

En una edificación automatizada, existen dispositivos de campo basados en sensores que dependen de las condiciones ambientales, por esta razón aspectos como la humedad y las partículas suspendidas en el aire precisan que las actividades de mantenimiento sean fundamentales para reducir fallas y anomalías de funcionamiento del sistema, por esto es importante tener en cuenta tanto los aspectos de preservación y prevención como los aspectos inesperados que puedan producir un desgaste prematuro o daño permanente de los elementos eléctricos y electrónicos involucrados.

Estas razones justifican elaborar un plan de mantenimiento donde se controle y se lleve a cabo un seguimiento sistemático de cada equipo y todas las actividades que aseguren una operación óptima de todo el sistema.

Para facilitar la gestión de mantenimiento existen herramientas de cómputo que permiten realizar el seguimiento de los elementos del sistema, optimizando el tiempo y el control del cronograma. Un buen programa de mantenimiento, implica determinar el modo de desarrollar el plan, los tiempos y los periodos de mantenimiento, entre otros. Para este caso se propone un plan basado en las instrucciones y la disponibilidad de tiempo sugerido por los fabricantes y contratistas de los diferentes equipos instalados en el edificio. Para esto se desarrolla una base de datos estadísticos del estado de operación, fallas y los mantenimientos previos y futuros que cada uno de dichos equipos necesite.

Es importante en la elaboración del plan de mantenimiento partir del tablero general de baja tensión, luego se analiza cómo están dispuestas las acometidas que van del tablero general hasta los diferentes tableros ubicados en cada uno de los niveles de la edificación. En esto se tendrá en consideración cada una de las diferentes salidas de iluminación, salidas internas, de comunicaciones, sistema de aires etc, garantizando la continuidad del servicio se podrá llevar a cabo la revisión de los componentes electrónicos y automatizados. Es necesario cuantificar el promedio de tiempo de trabajo de cada una de las lámparas, verificar si realmente cumplen con los beneficios que estas deben prestar como el encendido y apagado cuando se transite o se esté en un lugar en específico y si el grado de luminosidad esté entre los parámetros normalizados.

El mantenimiento debe estar enfocado, además, de la prevención y predicción de fallas, en el correcto y eficiente funcionamiento de la automatización para así garantizar el uso racional de la energía.

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar un programa de mantenimiento preventivo y definir las pautas para la formulación del mantenimiento predictivo del sistema de automatización, seguridad y componentes sostenibles del edificio de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones E3T de la Universidad Industrial Santander.

### **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Para el desarrollo del objetivo general, se tienen los siguientes objetivos específicos:

- Identificar los componentes del sistema de automatización y componentes sostenibles del edificio de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander.
- Elaborar un inventario general de los equipos que componen los sistemas: Automatización y componentes sostenibles de la E3T.
- Determinar por medio de un estudio cuales son los equipos más críticos y de mayor relevancia dentro del sistema de automatización del edificio de la escuela de Ingeniería Eléctrica Electrónica y de Telecomunicaciones para así fijar tareas y frecuencias de mantenimientos de dichos equipos.

- Determinar, de acuerdo con las condiciones contractuales y postventa, tareas y periodos de mantenimiento implementando la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM) a los equipos obtenidos en el análisis de criticidad.
- Evaluar las diferentes alternativas para la selección de una herramienta sistemática que permita facilitar la gestión de mantenimiento y garantizar la trazabilidad de la información. La herramienta deberá poder generar reportes, ordenes de trabajo, ficha técnica de los equipos y componentes afines a la gestión de mantenimiento.
- Identificar los criterios y alternativas para la futura aplicación de técnicas de mantenimiento predictivo basado en la eficiencia.

## **2. MARCO TEÓRICO**

Referenciados en investigaciones anteriores y directamente relacionados con el presente trabajo de grado, se expresan a continuación las bases conceptuales que enriquecen el trabajo investigativo.

### **2.1 MANTENIMIENTO**

El mantenimiento se define como actividades, acciones o prácticas realizadas sobre equipos, sistemas, o artículos con el fin de mantenerlos funcionando correctamente, pudiendo estas prácticas exigir la restauración de equipos, sistemas, o artículos; Estas pueden ser tanto acciones técnicas como acciones administrativas. Los objetivos principales del mantenimiento son [1]:

- Garantizar el funcionamiento de las instalaciones y servicios.
- Evitar el desgaste y envejecimiento precoz de los equipos que forman parte de las instalaciones.
- Reducir costos.

### **2.2 TIPOS DE MANTENIMIENTO**

Se distinguen varios tipos de mantenimiento que se diferencia por su filosofía al momento de la toma de decisiones, siendo diferente carácter de tareas, diferentes

acciones, diferente tiempo de acciones [1]. Tradicionalmente se pueden distinguir cinco, los cuales son:

- Mantenimiento correctivo
- Mantenimiento preventivo
- Mantenimiento predictivo
- Mantenimiento cero horas
- Mantenimiento proactivo

### **2.3 MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

El mantenimiento correctivo es realizado para la solución de fallas detectadas. Se pueden aplicar sus técnicas si requiere que la funcionalidad sea de carácter urgente, también puede ser planificada si no se requiere que la funcionalidad sea inmediata. Ayuda a crear seguimiento de los aparatos, que puede usarse para el mantenimiento preventivo [1]. Tiende a generar costos elevados de mantenimiento cuando los fallos son potenciales, es decir, cuando tienen como consecuencia la pausa de los sistemas o subsistemas, pudiendo generar en ocasiones paro total de la producción. Históricamente es el primer concepto de mantenimiento y el único hasta la Primera Guerra Mundial.

### **2.4 MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

Son acciones o actividades que tienen como objetivo principal mantener el funcionamiento continuo de los equipos, de manera que no presenten fallas durante la mayor cantidad de tiempo posible, esto es, prolongar la vida útil y el

buen funcionamiento de los equipos. Implica costos durante lo largo de la vida útil de los equipos.

Las consecuencias de implementar el mantenimiento preventivo son, prevenir la suspensión de actividades laborales por imprevisto y aumentar la vida útil de los equipos. Se realiza mediante planificación. La planificación puede contar con periodos de paralización de trabajo en momentos específicos, para inspeccionar y realizar las acciones de mantenimiento del equipo, con lo que se evitan reparaciones de emergencia.

“Un mantenimiento planificado mejora la productividad hasta en 25%, reduce 30% los costos de mantenimiento y alarga la vida útil de la maquinaria y equipo hasta en un 50%.”<sup>3</sup>

## **2.5 MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

El mantenimiento predictivo se basa en la condición actual de los equipos, evaluándolos y recomendando acciones de intervención basándose en el estado actual. Se produce mediante el seguimiento y el análisis estadístico de los equipos, apoyándose en técnicas instrumentadas de medida y análisis de variables para caracterizar en términos de fallos potenciales la condición operativa de los equipos. Genera grandes ahorros, debido a que optimiza el mantenimiento preventivo de manera que determina el momento preciso para cada intervención en los activos industriales [2].

---

<sup>3</sup> PCmodus, «Renueva tu caldera,» [En línea]. Available: <http://www.renuevatucaldera.es/index.php/mantenimiento/mantenimiento-preventivo>.

Como principales ventajas se encuentran:

- Evitar paradas no planificadas por avería.
- Minimizar los tiempos de reparación.
- Aumentar la disponibilidad de la planta.
- Evitar pérdidas de producto por paros en el proceso productivo.
- Reducir los stocks de piezas de recambio.
- Mejorar la calidad del producto fabricado.
- Aumentar la seguridad de la planta, se reduciendo las primas de seguros.
- Aumentar la confiabilidad de la planta.

**2.5.1 Objetivo del mantenimiento predictivo.** El mantenimiento predictivo tiene como objetivo principal reducir los costos de operación y de mantenimiento, aumentando la confiabilidad y la eficiencia de los equipos que conforman el sistema.

El alma mater del mantenimiento predictivo radica en el monitoreo de los equipos por medio del cual se deben evaluar los parámetros como temperatura continuidad nivel de aislamiento etc. En condiciones normales de operación del sistema, lo que conlleva a que no es necesario realizar interrupciones en los procesos o paradas de los equipos para realizar la evaluación de las condiciones de los mismos.

Su implementación está dirigida por una serie de paso a paso y que para el uso de este trabajo investigativo se deben tener en cuenta lo expuesto en el mantenimiento preventivo el cual es la base para el análisis de mantenimiento predictivo como se muestra a continuación cada uno de sus paso de modo general [2].

- Análisis de criticidad

- Validación de los equipos más críticos
- Definición de tareas o rutinas predictivas con sus respectivas frecuencias.
- Capacitación del personal técnico encargado del mantenimiento predictivo
- Planificación de la forma como se va a llevar el mantenimiento si es por medio de recursos propios o contratados.
- Costeo e implementación de una herramienta sistemática que facilite la gestión del mantenimiento.
- Medición de indicadores de los equipos que conforman el sistema.
- Inicio y seguimiento de las tareas de mantenimiento y la valoración de cada uno de sus resultados.

El mantenimiento predictivo en su concepto general implementa una serie de técnicas que buscan definir la trazabilidad operacional de un equipo, por medio de la extrapolación o el resultado de la toma de datos o a través del monitoreo de variables de estado del equipo. Estas pronostican la ocurrencia de un evento o falla de un equipo siempre en función del nivel de riesgo y la condición operativa de un equipo crítico dentro del sistema. Algunas de las variables de estado se enumeran a continuación:

- Temperatura
- Humedad
- Sonido, ruido
- Tiempo
- Posición mecánica
- Características eléctricas
- Características magnéticas
- Acción cíclica
- Presión

Tanto el mantenimiento predictivo como el preventivo son implementados y programados a través de recursos debidamente asignados los cuales deben ser revisados periódicamente. Por tal razón siempre se sugiere trabajar con varias técnicas predictivas, ya que la efectividad en el diagnóstico de las variables de estado que conllevan a una falla, dependen de la técnica predictiva que identifica el deterioro de manera más temprana [3].

**2.5.2 Ventajas del mantenimiento predictivo.** La efectividad de respuesta del mantenimiento predictivo ante una falla permite conseguir numerosas ventajas como [4]:

- Las técnicas de detección del mantenimiento predictivo son en su mayor parte. técnicas "*on-condition*" que significa que las inspecciones se pueden realizar con la maquinaria en operación a su velocidad máxima.
- Identifica fallos antes de que estos ocurran, permitiendo que la eficiencia y la producción del sistema no tenga paros.
- Incremento de la vida útil alrededor de un 30%.
- Permite acciones correctivas de manera preventiva (reducción de las fallas inesperadas alrededor de un 55%).
- Disminuye costos y mano de obra.
- Incrementa la seguridad del medio ambiente.
- Incremento en la seguridad del sistema, debido al monitoreo permanente de los equipos por medio de las diferentes técnicas a disposición.
- Disminución en los tiempos de parada de los activos aumentando el tiempo de producción.
- Mantiene un conocimiento detallado del comportamiento dinámico de los equipos, permitiendo seleccionar las condiciones óptimas de funcionamiento del equipo evitando que puedan causar daños en los equipos.

**2.5.3 Desventajas del mantenimiento predictivo.** La metodología del mantenimiento predictivo presenta inconvenientes a la hora de su aplicación, por lo tanto se presentan a continuación los inconvenientes a tener en cuenta [4]:

- Aumento de los costos de inversión en equipos de monitoreo o subcontratación para realizar las tareas de mantenimiento.
- Inversión en la contratación de personal técnico calificado el cual debe estar entrenado para la toma de decisiones asertivas ante una inminente falla.
- Si el monitoreo por alguna circunstancia no es continuo puede ocurrir que se presenten el fallo entre las mediciones.

**2.5.4 Criterios para establecer un plan de mantenimiento predictivo.** El poder contar con una herramienta que permita saber cuándo un equipo se va a dañar antes de que ocurra una falla, es de suma importancia para mejorar costos y mejorar la eficiencia de producción del sistema. Entonces para determinar un problema en un equipo se aplica un programa de mantenimiento predictivo [2].

Existen dos tipos básicos de recolección de datos o monitoreo de condiciones de los equipos como:

- **Monitoreo periódico:** Son mediciones que se toman a intervalos regulares, estos se pueden realizar por medio de instrumentos portátiles o manualmente.
- **Monitoreo continuo:** Realiza la toma de datos de forma continua y se emplean sistemas automáticos de recolección de datos

### **Etapas 1: Revisión de los equipos**

En este paso se estudia el tipo de equipos o máquinas que deben incluirse en el monitoreo de las condiciones de los equipos.

- ✓ **Identificación de los equipos:** Identificar claramente cada uno de los equipos que conforman el sistema sus fuentes de alimentación y el control asociado.
- ✓ **Identificación de las funciones:** Se identifican las funciones para las cuales fueron comprados los activos y cada una de las condiciones operacionales.

### **Etapa 2: Análisis de criticidad**

En este paso se enlistan los equipos o máquinas, y se categorizan de acuerdo a una puntuación obtenida en el análisis de cada elemento.

- ✓ **Análisis de criticidad:** Se enlistan los equipos con mayor jerarquía en el sistema, los cuales son los más importantes con el fin de crear una lista.
- ✓ **Estado actual:** Se tiene en cuenta factores como seguridad personal estadísticas de fallas, operatividad.
- ✓ **ROL:** Se debe realizar un estudio donde se tenga en cuenta costo de monitoreo de condiciones vs costo potencial de fallas, también pérdidas de producción y reparación.

### **Etapa 3: Selección del mantenimiento adecuado**

Una vez practicado un análisis de criticidad y especificado los modos de falla, si por alguna razón este modo de falla no posee síntomas medibles, se procede a implementar estrategias alternativas de mantenimiento: correctivo preventivo o modificaciones de diseño.

### **Etapa 4: Selección del recurso humano adecuado**

- ✓ Procurar que el personal se involucre desde la etapa de diseño e implementación del plan de mantenimiento predictivo.
- ✓ Seleccionar personal idóneo y con un grado de experiencia aceptable en el área.

- ✓ Contar con supervisores los cuales deben poseer condiciones especiales.

### **Etapas 5: Selección del método de medición**

Decidir que se desea monitorear por equipo, como por ejemplo:

- Temperatura.
- Vibración.
- Estado del aceite.
- Características eléctricas de funcionamiento.
- Presión.
- Flujo.
- Tensión y esfuerzo.
- Movimiento y desplazamiento mecánico.
- Estado de los componentes metalúrgicos.
- Sónica.
- pH y conductividad

- ✓ **Identificación de parámetros:** con la información recopilada del análisis de fallo, se identifican los parámetros a medir, según las consecuencias que sus variaciones presenten, las cuales conllevan a diversos modos de falla. Se debe aplicar varios criterios como mínimo 2 preferentemente de 3 a 5.
- ✓ **Selección de técnicas de medición:** según la variable a medir y la precisión con la cual se debe recolectar los datos, se debe escoger un método básico de recolección de datos para los equipos analizados. Las técnicas de monitoreo pueden ser remotas, locales con mecanismos instalados, semi-permanente.
- ✓ **Establecer frecuencias de medición:** se debe realizar un monitoreo continuo o periódico el cual depende del tipo de falla, el parámetro a medir y el nivel de criticidad en el cual se encuentra el equipo dentro del sistema.

- ✓ **Establecer puntos de medición:** se debe tener en cuenta la condición mecánica de todos los equipos, ya que no existe una regla general y por tanto se debe conocer minuciosamente el equipo y sensor en el punto que realmente se necesite.
  
- ✓ **Establecer niveles de alarma:** como se mencionó anteriormente se debe conocer detalladamente el equipo y se recomienda fijar niveles según criterios de diseño, como por ejemplo presión, temperatura o según las, normas vigentes. Además los niveles establecidos se modificaran en el futuro por experiencia, después de realizar evaluaciones o análisis estadísticos de la base de datos generada. Como sugerencia se recalca que lo más importante es realizar una toma de datos a los equipos nuevo o bien sea recién reparados, con el fin de que estos datos sirvan de referencia y permitan ser evidentes ante cualquier cambio.

#### **Etapa 6: Recolección de información y análisis de datos**

En esta etapa los datos medidos y registrados deben ser analizados, marcar su tendencia, luego interpretarse y posteriormente tomar las debidas acciones correctivas.

- ✓ **Tomar mediciones y realizar tendencias:** el proceso de recolección de información debe estar trazado por una ruta programada y un índice de periodicidad definido, los datos deben ser analizados y comparados con tendencias históricas, datos básicos de los equipos.
  
- ✓ **Comparación de criterios de alarma:** una vez analizados los datos y si los valores arrojados no son aceptables al ser comparados con los niveles de alarma, se debe realizar un diagnóstico. Si la condición no presenta signos de alarma se deberá realizar una evaluación de la condición, la cual permite prever

una falla a futuro lo que se conoce particularmente como un pronóstico de una falla.

- ✓ **Nivel de confianza de información:** es de suma importancia verificar que la tendencia a la cual se realiza el seguimiento contenga datos confiables, si no se debe realizar un plan de contingencia para mejorar la toma de datos, la frecuencia a la cual se realiza, o realizar tomas de datos adicionales, caso extremo usar técnicas más especializadas.

### **Etapas 7: Planificar tareas de mantenimiento y realizar su respectiva retroalimentación.**

En este paso se ajustan las actividades de mantenimiento de cada elemento tratado con anterioridad y se realizan seguimientos para mantener un historial de cada elemento.

- ✓ **Tareas de mantenimiento:** la planeación y la programación de las acciones correctivas dependen del diagnóstico o pronóstico realizado, sin importar esto se recomienda realizar la inspección al equipo o generar el mantenimiento correctivo antes que la falla sea grave si esta lo requiere.
- ✓ **Históricos de mantenimiento:** toda acción predictiva tomada en cada uno de los diagnósticos deben ser registrada. Con el fin de que una vez realizadas estas acciones puedan ser comparadas con el diagnóstico inicial.

**Revisión para el mejoramiento:** el mantenimiento es un proceso que permite realizar una mejora continua en su implementación. En esta parte del proceso se deberán reevaluar criterios de cada una de sus etapas implementadas como los niveles de alarma si están altos o bajos, los parámetros a medir, las técnicas utilizadas. Es necesario realizar esta mejora una vez programadas las rondas de acciones predictivas.

## **2.6 MANTENIMIENTO CERO HORAS**

El mantenimiento cero horas, también llamado "*overhaul*", son las acciones o conjunto de tareas que tienen como objetivo dejar al equipo a cero horas de funcionamiento. Los equipos son sometidos a revisión de manera frecuente, con el fin de detectar posibles fallos, los cuales obligan a realizar el mantenimiento cero horas. Consiste en sustituir o reparar los elementos sometidos a desgaste [5].

## **2.7 MANTENIMIENTO PROACTIVO**

El mantenimiento proactivo, es una filosofía de mantenimiento, dirigida fundamentalmente a la detección y corrección de las causas que generan el desgaste y que conducen a la falla de la maquinaria. Una vez que las causas que generan el desgaste han sido localizadas, no se debe permitir que éstas continúen presentes en la maquinaria, ya que de hacerlo, su vida y desempeño, se verán reducidos. La vida de los componentes del sistema depende de que los parámetros de causas de falla sean mantenidos dentro de límites aceptables, utilizando una práctica de "detección y corrección" de las desviaciones según el programa de mantenimiento proactivo. Límites aceptables, significa que los parámetros de causas de falla están dentro del rango de severidad operacional que conducirá a una vida aceptable del componente en servicio [1].

## 2.8 ANÁLISIS DE CRITICIDAD

El análisis de criticidad es una metodología que permite establecer jerarquías entre los sistemas, los equipos, las instalaciones y los elementos de un equipo; mediante los impactos que producen daños en la empresa, entre estos: daños personales, pérdidas de producción, daños de instalación, llamados también criterios del análisis de criticidad. [6]

El análisis de criticidad proporciona una lista clasificada y ordenada desde el elemento más crítico hasta el menos crítico de los componentes estudiados, proporcionando el ordenamiento en tres zonas: alta criticidad, mediana criticidad, baja criticidad. Dicha clasificación permite realizar análisis, de manera que se puedan diseñar estrategias, obteniendo en los proyectos tomados de estos análisis gran confiabilidad operacional. La lista se genera gracias a los criterios del análisis de criticidad, generando una puntuación para los elementos evaluados.

## 2.9 CONCEPTOS BÁSICOS<sup>4</sup>

**Tabla 1. Conceptos básicos del análisis de criticidad.**

Palabra Clave	Definición
<b>Confiabilidad</b>	Probabilidad que un elemento tiene para que opere sin presentar falla alguna, durante un determinado periodo de tiempo.
<b>Confiabilidad operacional</b>	Se define como la capacidad de un activo para cumplir su propósito dentro de sus límites de diseño.

<sup>4</sup> PEMEX, «Metodología análisis de criticidad (AC).» [En línea]. Available: [http://aprendizajevirtual.pemex.com/nuevo/guias\\_pdf/guia\\_sco\\_analisis\\_criticidad.pdf](http://aprendizajevirtual.pemex.com/nuevo/guias_pdf/guia_sco_analisis_criticidad.pdf). [Último acceso: 21 Agosto 2014].

**Tabla 2. Conceptos básicos del análisis de criticidad. (Continuación)**

Palabra Clave	Definición
<b>Jerarquía de activos</b>	Agrupación de elementos de un sistema dependiendo de su trabajo conjunto para alcanzar propósitos establecidos.
<b>Causa de falla</b>	Circunstancias asociadas a la manufactura, diseño, uso, instalación y mantenimiento que hayan conducido a una falla.
<b>Criticidad</b>	Indicador que permite establecer la prioridad de procesos creando una estructura para facilitar la toma de decisiones. Permite direccionar el esfuerzo y los recursos a las áreas donde es más importante mejorar la confiabilidad.
<b>Falla funcional</b>	Elemento que no cumple con su funcionar de acuerdo al parámetro que el usuario requiere.
<b>Riesgo</b>	<p>Matemáticamente el riesgo asociado a una decisión o evento viene dado por la expresión:</p> $R(t) = P(t) \times C(t)$ <p>Dónde:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• R(t): Riesgo</li> <li>• P(t): Probabilidad</li> <li>• C(t): Consecuencias</li> </ul>

## 2.10 MATRIZ DE CRITICIDAD

Es una matriz de frecuencia por consecuencia de la falla, donde un eje representa la frecuencia de fallas y en otro los impactos o consecuencias en los cuales incurrirá la unidad o equipo en estudio si le ocurre una falla. Contiene un código de colores que permite identificar la zona de criticidad para el análisis de cada elemento [7].

**Tabla 3. Diseño de matriz de criticidad.**

Categoría (puntaje) de Frecuencias	5	M	M	A	A	A
	4	M	M	A	A	A
	3	B	M	M	A	A
	2	B	B	M	M	A
	1	B	B	B	M	A
Categoría (puntaje) de Consecuencias		1	2	3	4	5

A	Criticidad Alta
M	Criticidad Media
B	Baja Criticidad

## 2.11 RCM - MANTENIMIENTO CENTRADO EN CONFIABILIDAD

El mantenimiento centrado en confiabilidad es una metodología que permite generar estrategias para la gestión de un plan de mantenimiento. Trata de evitar los fallos potenciales que pueden producirse en un sistema o minimizar los efectos de estos, al mínimo coste posible.

El RCM es un proceso que permite definir qué se debe realizar para que todo activo físico continúe su proceso de operación, para el cual fueron adquiridos por parte del usuario [8].

## 2.12 PROPÓSITO DE IMPLEMENTAR RCM

El mantenimiento centrado en confiabilidad RCM, es la herramienta base para la implementación del plan de mantenimiento del edificio de la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones, el cual tiene como propósito reducir el número, frecuencia y contenido de las reparaciones generales de los sistemas. Con la finalidad de mantener la disponibilidad y puesta en marcha

de los SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN, SEGURIDAD Y COMPONENTES SOSTENIBLES, garantizando la seguridad, aumentando la fiabilidad de las operaciones de los equipos, a fin de mantener la mayor cantidad de tiempo posible la prestación de los todos los servicios disponibles por parte de la escuela, a la comunidad estudiantil y en específico los estudiantes pertenecientes a dicha escuela [8].

### **2.13 PROCESO DE IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA RCM**

El mantenimiento centrado en confiabilidad, se centra en la relación que existe entre la organización y los elementos físicos que componen el sistema.

El propósito es establecer que tipos de elementos físicos componen cada uno de los subsistemas y decidir por medio de un análisis de criticidad cuáles deben estar sujetos al proceso de implementar una revisión del RCM, por lo cual se debe proceder a desglosar los subsistemas para así poder identificar cada uno de los equipos presentes en dichos subsistemas. La implementación básica de la metodología RCM responde las preguntas presentadas a continuación:

1. ¿Cuáles son las funciones deseadas para el equipo que se está analizando?
2. ¿Cuáles son los estados de falla (fallas funcionales) asociados con estas funciones?
3. ¿Cuáles son las posibles causas de cada uno de estos estados de falla?
4. ¿Cuáles son los efectos de cada una de estas fallas?

5. ¿Cuál es la consecuencia de cada falla?
6. ¿Qué puede hacerse para predecir o prevenir la falla?
7. ¿Qué hacer si no puede encontrarse una tarea predictiva o preventiva adecuada?

La metodología se resume en la documentación de la información, se realiza un análisis de las funciones de cada subsistema en el sistema, las funciones de cada equipo dentro del subsistema, los fallos potenciales de cada equipo y los modos de fallos de cada uno de estos fallos [7]. La segunda etapa de implementación del RCM corresponde a la toma de decisiones de las tareas preventivas, que deben desarrollarse siguiendo el camino a la prevención de los posibles fallos funcionales y modos de fallos, además es necesario realizar el análisis de las frecuencias de cada una de las tareas preventivas a ejecutar en cada uno de los equipos que presenten posibles fallos críticos.

## **2.14 FUNCIONES**

La base principal para definir un proceso que determine cada una de las actividades que se debe realizar para asegurar que todo bien físico cumpla con los objetivos de desempeño funcionales, es cumplir con las siguientes dos situaciones:

- Determinar cada una de las funciones que quiere los usuarios que haga cada equipo.
- Asegurar que sea capaz de realizar las funciones que los usuarios requieren que hagan.

Las funciones de los elementos se clasifican en primarias y secundarias.

**Funciones primarias:** Se definen como la función principal de operación por la cual fue adquirido dicho activo físico o el objetivo principal por el cual fue diseñado el activo físico.

**Funciones secundarias:** Se definen como cada una de las características de operación que ayudan a cada activo físico a que cumplan con las funciones principales. Estas se relacionan con la seguridad, el confort, apariencia del activo, entre otras.

## **2.15 FALLAS FUNCIONALES**

El objetivo principal de un proceso de mantenimiento es garantizar el buen funcionamiento de los activos físicos. La única forma de que un activo no cumpla con los parámetros de desempeño por los cuales fueron adquiridos por los usuarios es la presencia de un tipo de falla.

Una falla funcional se define como la incapacidad de un sistema o activo físico de satisfacer un estándar de funcionamiento deseado [9].

## **2.16 MODO DE FALLAS**

Los modos de fallas son las posibles causas de los estados de error, estos a su vez pueden presentar otros modos de fallos, es decir múltiples causas, las cuales serán llamadas modos de falla de segundo grado, y estas últimas a su vez pueden

presentar otros modos de falla, incrementando siempre su grado hasta llegar a las “causas raíces”. Los modos de falla no necesariamente deben proceder de fallas que ya han ocurrido, estas pueden no haber ocurrido, pero se pueden considerar como posibilidades muy reales [9].

## **2.17 EFECTOS DE LAS FALLAS**

El principio asociado a los efectos de fallas es describir por cada modo de falla los efectos asociados a dicha falla, cabe resaltar que cada modo de falla debe tener asociado los posibles efectos de fallas [9]. La descripción de los efectos de falla debe contener información como:

- Todas las posibles evidencias (si las hay) existentes de que la falla ha ocurrido.
- Como afectan el funcionamiento o la operación del sistema.
- Evidencias (si las hay) de daños físicos causados por la falla.
- Qué debe realizarse para reparar la falla.
- Posibles amenazas (si las hay) que afecten la seguridad y el medio ambiente.

## **2.18 CONSECUENCIA DE LAS FALLAS**

En esta parte se tratará la quinta pregunta que surge del proceso RCM ¿De qué manera importa cada falla? Como es de esperarse cada una de las fallas presentes en una organización, afectan su normal funcionamiento ya que estas pueden verse reflejadas en la parte de producción, la calidad del producto, el servicio al cliente, otras fallas afectarán el medio ambiente y por ende cada una de

estas fallas tomara tiempo para ser reparadas, lo cual se verán reflejadas en sobre costos para la organización [7].

Cada una de estas consecuencias, son la principal importancia por tratar de prevenir las fallas por una organización. La naturaleza y la gravedad de las consecuencias que trae cada falla, permitirá clasificar las fallas según su grado de seriedad, ya que si una falla trae consecuencias serias se tendrán que hacer todo lo posible por evitar o despejar la falla. Por otro lado si el grado de seriedad es menor o no trae mayores consecuencias los trabajos y las rutinas de mantenimientos serán más flexibles y no pasarán de una simple limpieza o lubricación.

Unas de las características importantes del RCM es que reconoce que las consecuencias de las fallas son más importantes que las características técnicas de los activos. En conclusión resalta que la importancia de realizar un tipo de mantenimiento proactivo no es evitar la falla si no evitar cada una de las consecuencias que se presenten.

A continuación se presentas los criterios utilizados para clasificar las consecuencias de fallas según el RCM las cuales se dividen en dos tipos:

- **Funciones ocultas:** Son todas aquellas fallas que no se harán evidentes por los operarios en condiciones normales de operación. Este tipo de fallas no tienen un efecto directo pero llevan a las organizaciones a múltiples fallas.
- **Funciones evidentes:** Una función evidente es aquella cuya falla finalmente e inevitablemente será evidente por si sola a los operadores en circunstancias normales.

**2.18.1 Consecuencias para la seguridad y el medio ambiente.** Una falla trae consecuencias en la seguridad si por alguna razón afecta la integridad física de alguno de los operarios presentes. Un modo de fallo tiene consecuencias ambientales si por alguna razón se violan normas y tratados ambientales [7].

**2.18.2 Consecuencias operacionales.** Trata todas las fallas que afecten el funcionamiento operativo de la organización donde se encuentre involucrado la calidad, rendimiento de producción, servicio al cliente, costos operativos y costos de reparación [7].

**2.18.3 Consecuencias no operacionales.** Las consecuencias de una falla evidente que no tenga un efecto sobre la seguridad, el medio ambiente, o la capacidad operacional se pueden clasificar como no operacionales. Las consecuencias asociadas son las de tipo de costos directos de operación [7].

## **2.19 TAREAS DE MANTENIMIENTO**

Son técnicas de manejo de fallas las cuales se clasifican en dos [10]:

**Tareas proactivas:** Son cada una de las actividades de mantenimiento antes de que ocurra una falla con el objetivo de que el equipo no llegue al estado de falla. Esto enmarca lo que comúnmente se conoce como mantenimiento predictivo y preventivo, cabe resaltar que el RCM utiliza los términos de reacondicionamiento cíclico, sustitución cíclica y mantenimiento a condición.

**Acciones de omisión:** Se ocupan del estado de falla y son utilizadas cuando no es posible encontrar una tarea proactiva por lo cual se recurre a la búsqueda de fallas, rediseño de mantenimiento y mantenimiento correctivo.

## 2.20 PATRONES DE FALLA

Un elemento, equipo o componente puede presentar falla por diferentes razones, es decir que puede fallar producto de su desgaste, por golpes, falta de lubricación y cada falla debe ser manejada con estrategias distintas, esto conlleva a que cada elemento, equipo o componente se le deben realizar prácticas predictivas, preventivas y en algunos casos también correctivas de mantenimiento.

Cuando se hace referencia del término “falla” se debe tener en cuenta su amplia definición en el tema del mantenimiento, esta no solamente implica paradas, sino, además, ineficiencia, inseguridad, costos, niveles de rechazo e incluso mala imagen. Partiendo de esto se puede entender como concepto de confiabilidad como la probabilidad de que un equipo o sistema opere sin falla por un determinado periodo de tiempo en condiciones de operación específicas, esto significa que un activo no es necesariamente más confiable si se entiende por esto que su tiempo promedio de fallas (TMEF) haya mejorado, este mismo activo podría presentar, además, un alto consumo de energía en su operación por lo cual no sería rentable, o podría ser una amenaza presentado riesgos de accidentes que afecten la integridad de las personas, lo que indica que este activo dejaría de ser confiable.

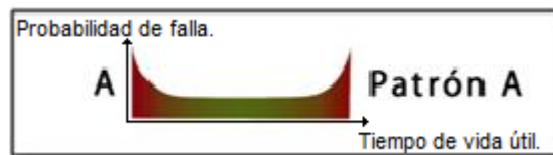
No todas las fallas son cíclicas, por lo cual no se deben definir las estrategias basándose únicamente en el tiempo promedio entre fallas, puesto que una falla puede tener su ocurrencia de manera aleatoria; Además las actividades programadas de acuerdo al tiempo promedio entre fallas se basa en el mantenimiento correctivo y no se tienen en cuenta actividades para fallas que aún no han ocurrido.

Cada falla tiene una manera diferente de ocurrir a través del tiempo, y ese comportamiento define, posiblemente, como se presente y por ende ayuda a definir la estrategia más apropiada [11]. Cada falla debe tener una estrategia adecuada, justificada y aplicable, esto es, no exceder la cantidad de prácticas a un activo si estas no mejoran significativamente su confiabilidad. Básicamente, y gracias a la aviación civil, se encuentran 6 patrones de fallas identificados con las letras A, a la F.

Las gráficas de los patrones relacionan la edad con la probabilidad de falla, es decir aleatoriedad y mortalidad infantil, este último significa un tiempo de vida útil corto. Los tres primeros patrones de falla corresponden a elementos simples o equipos complejos que están en contacto directo con el producto y por lo general están asociados a fallas cíclicas. Los últimos tres patrones de falla corresponden a equipos de electrónica, hidráulica y neumática, donde las fallas tienden a ser aleatorias, de manera que pueden ser a su vez súbitas, de las cuales no existe manera alguna de prevenir su falla y debe ser mitigada, o puede ser aleatoria y progresiva, que puede ser monitoreada para tratar la falla. Nowlan & Heap<sup>5</sup> recomiendan ciertas estrategias para cada patrón [11].

### 2.20.1 Patrón A

Figura 1. Modelo de patrón A [12].



<sup>5</sup> S. N. & H. Heap, Reliability-Centered Maintenance, San Francisco, California: U.S. Department of commerce, 1978.

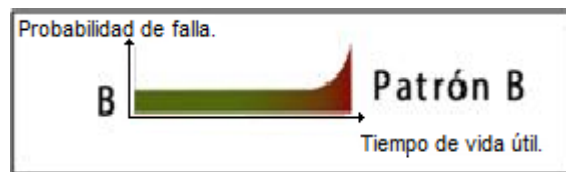
El modelo A es conocido “curva de la bañera”. Comienza con una probabilidad de falla alta (conocida como mortalidad infantil) seguida por una frecuencia de falla que aumenta gradualmente o que es constante, y luego por una zona de desgaste [12] (Ver Figura 1).

Estrategias recomendadas:

- Análisis de fallas para determinar las causas de fallas prematuras.
- Monitoreo de la condición.
- Reemplazo o reparación basada en el tiempo.

### 2.20.2 Patrón B

**Figura 2. Modelo de patrón B [12].**



El modelo B muestra una probabilidad de falla constante o ligeramente ascendente, y termina en una zona de desgaste. Es conocido como “el punto de vista tradicional”; Los activos presentan durante su tiempo de vida una baja probabilidad de fallas aleatorias y terminan su vida útil gracias al desgaste [12](Ver Figura 2).

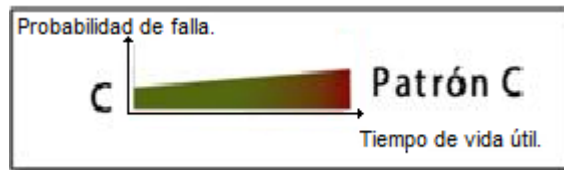
Estrategias recomendadas:

- Reparación basada en el tiempo.
- Reemplazo basado en el tiempo

- Análisis de fallas si el desgaste está ocurriendo antes de lo estimado o requerido.

### 2.20.3 Patrón C

**Figura 3. Modelo de patrón C [12].**



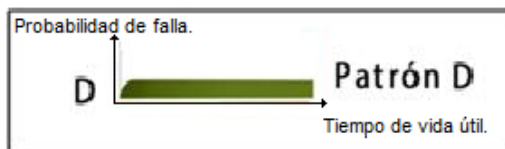
El modelo C muestra una probabilidad de falla ligeramente ascendente, pero no hay una edad de desgaste definida que sea identificable, en orden de trabajos, hay un incremento constante en la probabilidad de falla como se muestra en la Figura 3 [12].

Estrategia recomendada:

- Reemplazo basado en el tiempo o en función del costo o riesgo.
- Reparación basada en el tiempo o en función del costo o riesgo.

### 2.20.4 Patrón D

**Figura 4. Modelo de patrón D [12].**



El modelo D muestra una probabilidad de falla baja cuando el componente es nuevo o se acaba de instalar, seguido de aumento rápido a un nivel constante [12] (Ver Figura 4).

Estrategias recomendadas:

- Monitoreo de la condición.
- Análisis de fallas si la tasa de falla es muy elevada.
- Provisión de repuestos.

### 2.20.5 Patrón E

**Figura 5. Modelo de patrón E [12].**



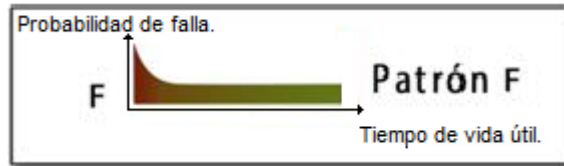
El modelo E muestra una probabilidad constante de falla en todas las edades (falla aleatoria), es decir, no existe ninguna relación entre la edad de los equipos y la probabilidad de que fallen como se muestra en la Figura 5 [12].

Estrategias recomendadas:

- Monitoreo de condición.
- Operar hasta fallar.
- Análisis de fallas si la tasa de fallas es más alta que la deseada o requerida.
- Provisión de repuestos.

## 2.20.6 Patrón F

Figura 6. Modelo de patrón F [12].



El modelo F comienza con una mortalidad infantil muy alta, que desciende finalmente hasta un comportamiento aleatorio de la probabilidad de fallas [12] (Ver Figura 6).

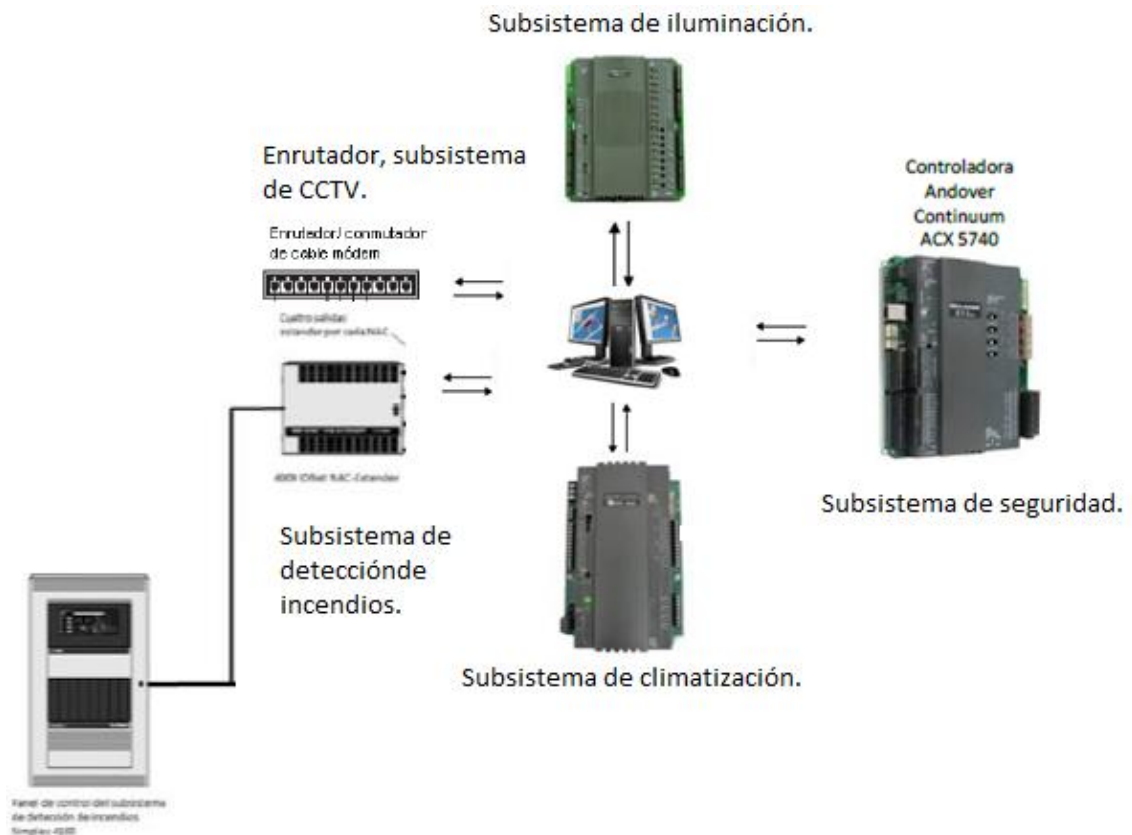
Estrategias recomendadas:

- Análisis de fallas para determinar las causas de las fallas prematuras.
- Provisión de repuestos.

### 3. ELEMENTOS DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN Y SEGURIDAD

Se plantea llevar a cabo el seguimiento de los elementos que pertenecen al sistema de automatización y de seguridad con el fin de realizar el diseño del programa de mantenimiento, por lo cual se realiza la previa identificación de los subsistemas y de los elementos que contiene cada subsistema tal como se muestra en la Figura 7.

Figura 7. Integración de los subsistemas.

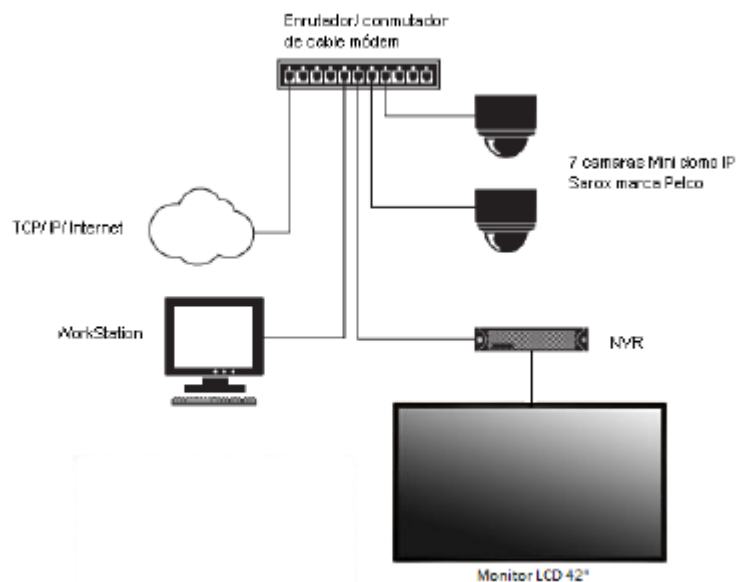


El sistema de automatización, seguridad y componente sostenible del Edificio de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander cuenta con una solución BAS, Andover Continuum de Schneider, la cual es la base de datos que integra los subsistemas de iluminación, seguridad, climatización, CCTV (circuito cerrado de televisión) y detección de incendios, la integración se puede observar en la Figura 7.

### 3.1 SUBSISTEMA DE CCTV

El subsistema de CCTV es el encargado de brindar vigilancia a cada uno de los espacios críticos del edificio de la E3T como auditorios, salas de profesores, y oficinas administrativas con el fin de salvaguardar los recursos del complejo por medio del circuito cerrado de cámaras [13].

**Figura 8. Diagrama de funcionamiento subsistema de CCTV [14].**



Fuente U. I. d. Santander, «Suministro, montaje y puesta en funcionamiento del sistema de automatización del edificio de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones,» Bucaramanga, 2012

### 3.2 MINI DOMO DE LA SERIE SARIX IMSOLW-E CON SUREVISION MARCA PELCO.

**Figura 9. Mini Domo [14].**



Fuente: Disponible en: [www.pelco.com](http://www.pelco.com)

Es una cámara con domo (carcasa compacta) que puede ser utilizada tanto en el día como en la noche, pudiendo usarse en interiores y en exteriores, con una resolución de 800x600, es decir, 0,5 megapíxeles y permite una grabación con resolución en alta definición (HD). Permite grabaciones en formato MJPEG, MPEG-4 y H.264 con pistas configurables según velocidades de bits y velocidad de cuadros. Posee un sistema llamado "SABOTAJE EN CÁMARA DE PELCO" el cual acciona una alarma cuando el lente es cubierto con un paño, aerosol o tapado con una tapa para lentes. La serie IMSOLW-E permite una fácil conectividad con sistemas IP [14]. Alimentación a través de Ethernet IEEE 802.3af y es compatible con sistemas de administración de video integral *Digital Sentry*.

Las características del fabricante son:

- Resolución de 0,5 megapíxeles.
- 30 *frames/seg.*

- High Dynamic Range.
- Compresión MJPEG, MPEG-4 y H.264.
- Sensibilidad de 0,0013 lux.
- 2 vistas de video simultáneos.
- Power over ethernet, IEEE 802.3af.
- Sistema de *sabotaje en cámara de PELCO*.
- Estándares de IP abierta.
- Entrada y salida de audio.

Los requerimientos mínimos del sistema son:

Procesador	Microprocesador Pentium® 4 de Intel®, de 1,6 GHz.
Sistema operativo	Sistema operativo Microsoft® Windows® XP, Windows Vista® o Mac® OS X 10.4 (o posterior).
Memoria	512 MB RAM.
Tarjeta de interfaz de red	100 megabits, mínimo.
Monitor	Con un mínimo de 1024 x 768 de resolución y una resolución de color de píxeles de 16 o 32 bits.
Navegador	Navegador web Internet Explorer® 7.0 (o posterior) o Mozilla® Firefox® 3,5 (o posterior); se recomienda Internet Explorer® 8.0 (o posterior) para configurar análisis.
Reproductor de medios	Pelco Media Player o QuickTime® 7.6.5 para Windows XP, Windows Vista, o QuickTime 7.6.4 para Mac OS X 10.4.

### 3.3 VIDEOGRABADORA DE RED DIGITAL SENTRY (DSSRV-060DVD-US) NVR

**Figura 10. Videograbadora [15].**



Fuente: Disponible en: Schneider electric. Disponible en: [www.schneider-electric.com](http://www.schneider-electric.com)

La videograbadora de red Digital Sentry cuenta con un sistema NVR el cual es flexible y cómodo ya que posee grabación y gestión de cámaras en red, aparte posee un respaldo extra para las cámaras analógicas, por medio de la opción de codificadores de conexión directa o de red, la cual le permite dar soporte a 128 cámaras IP y a 64 cámaras analógicas.

Entre sus características posee un procesador Intel® Core™ i7 de segunda generación, con 8 GB de RAM, una memoria en disco de 6TB con unidad de disco óptico y cable de alimentación US y un sistema Operativo WINDOWS 7 de 64 bits, con una capacidad máxima de almacenamiento interno hasta de 18 TB con 8 discos duros. Esto hace que disponga de la memoria y la capacidad de procesamiento suficiente para satisfacer las demandas de grabación de videos en alta definición y operaciones de reproducción. Aparte posee un ancho de banda de 280 Mbps los cuales le permiten grabar, reproducir y exportar videos hasta 128 cámaras IP [14].

La NVR Digital Sentry permite grabar pistas IP en formato H.264, MJPEG y MPEG-4. Es compatible con codificadores de red y cámaras IP de diferentes fabricantes. Dentro de sus configuraciones fue optimizada para ser compatible con software de dispositivos DS NV preinstalados, compatible con DS ControlPoint para monitoreo simultáneo de todos los productos de las serie DS y DX en una única interfaz de cliente [15].

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS<sup>6</sup>

### SISTEMA

Procesador	Intel® Core™ i7 de 2da Generación.
Sistema Operativo	Windows 7 Ultimate 64-bit SP1.
Memoria interna	8 GB RAM.
Interfaz de usuario	DS ControlPoint.

### REQUERIMIENTOS DE PC CLIENTE REMOTO

Procesador	Intel® Core™ i7 de 2da Generación, con gráficos integrados.
Memoria	4 GB o mayor.
Sistema operativo	Windows XP Profesional SP2, Windows Vista (de 32 o 64 bits), Windows 7 (de 32 o 64 bits).

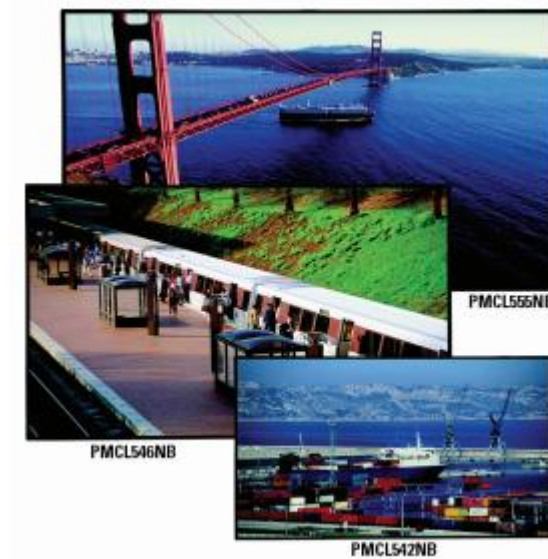
### Nota

Aunque el cliente DS ControlPoint pueda ejecutarse en el servidor, esto puede afectar el rendimiento de DSSRV. Para obtener un rendimiento óptimo, ejecute DS ControlPoint en una estación cliente.

<sup>6</sup> Pelco, «Especificaciones del producto,» [En línea]. Available: [http://www.cctvcentersl.es/upload/Catalogos/DSSRV-Digital%20Sentry\\_esp.pdf](http://www.cctvcentersl.es/upload/Catalogos/DSSRV-Digital%20Sentry_esp.pdf). [Último acceso: 15 Junio 2014].

### 3.4 MONITOR LCD SERIE PMCL500 DE 42"

Figura 11. Monitor LCD [16].



Fuente: LG Electronics Colombia. Disponible en: [www.lg.com](http://www.lg.com)

El monitor LCD PMCL500 de 42" muestra una resolución de 1920x1080p, por lo cual permite reproducir videos de alta definición (HD) con un contraste dinámico. El monitor posee un retroiluminación LED lo cual reduce considerablemente el consumo de energía en comparación con los monitores de tubos de rayos catódicos [16]. Tiene un diseño delgado y emplea IQE (Image Quality Enhanced) el cual es la tecnología patentada por PELCO encargada del mejoramiento de la calidad de la imagen. Las características del producto son:

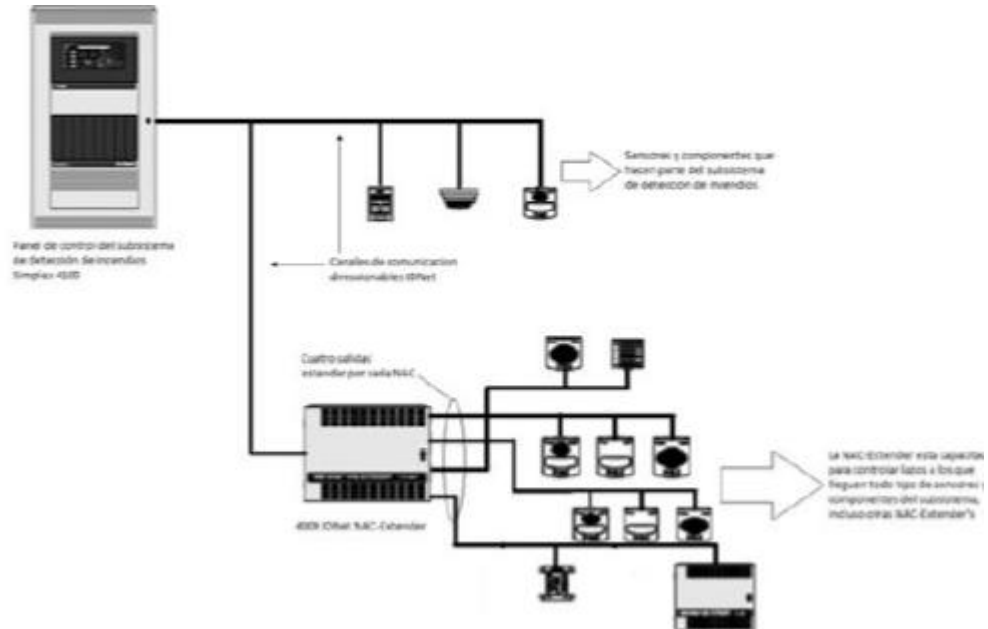
- Pantalla de 42" pulgadas.
- Resolución 1080p.
- Entradas HDMI, DP, VGA y DVI.

- Picture in Picture (PIP).
- Retroiluminación LED.
- Certificación Energy Star 5.1

### 3.5 SUBSISTEMA DE DETECCIÓN DE INCENDIOS

El subsistema para la detección de incendios tiene como objetivo generar señales de alarma de tipo audiovisuales de manera manual y automática en cada uno de los casos que se presente un posible incendio o un incendio [14].

**Figura 12. Descripción general del subsistema de detección de incendios [13].**



Fuente U. I. d. Santander, «Suministro, montaje y puesta en funcionamiento del sistema de automatización del edificio de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones,» Bucaramanga, 2012

### 3.6 PANEL DE INCENDIO SIMPLEX 4100ES

Figura 13. Panel de Incendio.



Fuente U. I. d. Santander, «Suministro, montaje y puesta en funcionamiento del sistema de automatización del edificio de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones,» Bucaramanga, 2012

El panel de control de incendio cuenta con un tablero con el fin de supervisar los detectores de humo e interruptores manuales. Proporciona circuitos de dispositivos de descarga (RAC) al conectar los circuitos de dispositivos de notificación (NAC) a los periféricos de descarga de agentes extintores para supervisión y control de actuadores. Permite la cobertura de múltiples áreas de descarga automática de agentes extintores para rociado intenso y pre-acción. Contiene un módulo de supervisión de la bobina por cada circuito de dispositivo de descarga (RAC) y un interruptor de mantenimiento por cada RAC [17].

Los periféricos que envían señales a este panel son:

- Sensores de humo etiquetados como S.H. en el panel.
- Sensores térmicos etiquetados como S.T. en el panel.

- Sensores duales etiquetados como S.D. en el panel.
- Sensor de inundación etiquetado en el panel como S.I.
- Estaciones manuales etiquetadas en el panel como E.M.
- Sirenas y estrobos, duales o independientes.

### 3.7 NAC-EXTENDER 4009 IDNET

**Figura 14. NAC Extender.**



Fuente U. I. d. Santander, «Suministro, montaje y puesta en funcionamiento del sistema de automatización del edificio de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones,» Bucaramanga, 2012

Es una red de controladores de instrumentos (IDNet) compatible con el panel de incendio Simplex 4100ES, se encuentra encargado de recibir las señales provenientes de las estaciones manuales, de los sensores de humo, térmicos, duales y botones de pánico. Este a su vez le comunica al panel de incendio Simplex 4100ES el estado de los dispositivos instalados. Se le puede conectar hasta 10 dispositivos en cada salida. Posee 4 salidas estándares [14].

### 3.8 ANUNCIADOR REMOTO SIMPLEX 4603-9101

**Figura 15. Anunciador remoto.**



Fuente U. I. d. Santander, «Suministro, montaje y puesta en funcionamiento del sistema de automatización del edificio de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones,» Bucaramanga, 2012

Admite la conexión remota con el panel de incendio Simplex 4100ES, por lo cual es compatible con este. Cuenta con un panel que contiene una pantalla LCD, que proporciona hasta 40 caracteres para la etiqueta de información del cliente, permitiendo la realización de tareas básicas como silencio de alarma y el reset del sistema, restablece el panel de control a normal. Reconoce las condiciones de supervisión del sistema, guardando los eventos en el historial. Cuenta con LEDs indicadores de estatus en adición a la pantalla LCD indicando las condiciones en las que se encuentra el sistema [13].

### 3.9 SENSOR FOTOELÉCTRICO 4098-9714 CON BASE DIRECCIONABLE MARCA SIMPLEX

Figura 16. Sensor fotoeléctrico [13].



Fuente: TYCO Simplex Grinnel. Disponible en: [www.simplexgrinnell.com](http://www.simplexgrinnell.com)

Dispositivo de sensado que utiliza una fuente de luz LED infrarroja pulsada y un receptor de fotodiodo de silicio para proporcionar la detección de humo, transmite digitalmente los valores análogos mediante dos cable IDNet, completamente compatible con paneles de control se las series 4100ES, 4100U, 4010ES y paneles de control de la serie 4010. El monitoreo de sensibilidad satisface los requisitos de pruebas de sensibilidad NFPA 72. Contiene un sensor fotoeléctrico que brinda siete niveles de sensibilidad de 20,2 % a 3,7% [13]. Dentro de las características principales se encuentran las siguientes:

- Listado UL, ULC, CSFM y aprobado por FM.
- Transmisión digital de valores del sensor análogo vía comunicación IDNet de dos cables.
- Compensación medioambiental automática.
- Siete niveles de sensibilidad programable.

- Función de prueba magnética.
- Evaluación de datos inteligente.
- LED indicador de alarma y de problemas.

### **3.10 SENSOR DE CALOR 4098-9714 CON BASE DIRECCIONABLE MARCA SIMPLEX**

**Figura 17. Sensor de calor [18].**



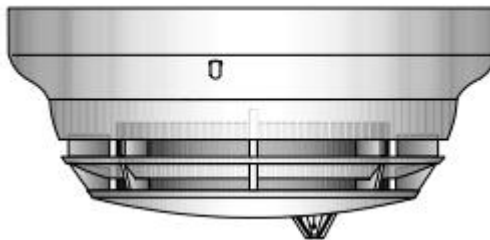
Fuente: Sensor de temperatura 4098-9733. Disponible en: [http://www.interamsa.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1096&Itemid=1043](http://www.interamsa.com/index.php?option=com_content&view=article&id=1096&Itemid=1043)

Sensor que transmite digitalmente los valores análogos mediante dos cables IDNet, completamente compatible con paneles de control de las series 4100ES, 4100U, 4010ES y paneles de control de la serie 4010 [18]. Contiene dos sensores de calor que brindan detección de temperatura fija, temperatura de tasa de incremento, y detección de temperatura de utilidad, de esta manera se restauran automáticamente. Dentro de las características principales se encuentran las siguientes:

- Listado UL, ULC, CSFM y aprobado por FM.
- Transmisión digital de valores del sensor análogo vía comunicación IDNet de dos cables.
- Detección de temperatura fija programable de 135°F (57°C) ó 155°F (68°C).
- Detección de temperatura de tasa de incremento.
- Función de prueba magnética.
- Compatible con paneles 4008, 4010, 4010ES, 4100U, 4100ES.

### **3.11 SENSOR DUAL 4098-9754 CON BASE DIRECCIONABLE MARCA SIMPLEX**

**Figura 18. Sensor dual [18].**



Fuente: TYCO Simplex Grinnel. Disponible en: [www.simplexgrinnell.com](http://www.simplexgrinnell.com)

Sensor que transmite digitalmente los valores análogos mediante dos cable IDNet, completamente compatible con paneles de control se las series 4100ES, 4100U, 4010ES y paneles de control de la serie 4010 [18]. Combina la tecnología del sensor fotoeléctrico de humo y del sensor de calor. Dentro de sus características principales se encuentran las siguientes:

- Detección de temperatura fija programable de 135°F (57°C) ó 155°F (68°C).
- Compatible con paneles 4008, 4010, 4010ES, 4100U, 4100ES.

- Evaluación de datos inteligente.
- LED indicador de alarma y de problemas.

### 3.12 SIRENA CON LUZ ESTROBOSCÓPICA SIMPLEX MONTAJE EN MURO Y TECHO 4906-9127 Y LUZ ESTROBOSCÓPICA 4906-9101 MONTAJE DE PARED

**Figura 19. Sirena [18].**



Fuente U. I. d. Santander, «Suministro, montaje y puesta en funcionamiento del sistema de automatización del edificio de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones,» Bucaramanga, 2012

Dispositivo de advertencia de audio y visible, de montaje de techo de referencia 4906-9127 recubierto por una carcasa resistente a impactos y vandalismo. Permite la selección de intensidad deseada del estrobo, según las necesidades que requiera el usuario. Totalmente compatible con los paneles de control de alarma de incendios 4006, 4008, 4100U y 4100. La sirena contiene estrobo multicandela, la intensidad del estrobo se puede seleccionar como: 15, 30, 75 ó 110 candelas. La luz estroboscópica posee las mismas características exceptuando la posibilidad de generar audio. Las características principales se encuentran a continuación [18]:

- Listado UL, ULC, CSFM y aprobado por FM.
- Control independiente de sirena y luz estroboscópica.
- Operación “encendido-hasta-silencio” y “encendido-hasta-reset”.
- Activación de las sirenas con patrón temporal, marcha o constante.
- Destello sincronizado de luces estroboscópicas.
- Intensidad luminosa configurable 15/30/75/110 cd.
- Compatible con paneles 4006, 4008, 4010, 4010ES, 4100U, 4100ES y NAC Extender 4009.

### 3.13 ESTACIÓN MANUAL SIMPLEX 4099-9002

Figura 20. Estación manual [14].



Fuente: TYCO Simplex Grinnel. Disponible en: [www.simplexgrinnell.com](http://www.simplexgrinnell.com)

Estación manual de alarma de incendios que permite comunicación direccionable mediante dos cables IDNet, completamente compatible con paneles de control de las series 4100ES, 4100U, 4010ES y paneles de control de la serie 4010. Dentro de las características principales se encuentran las siguientes [14]:

Listado UL, ULC, CSFM y aprobado por FM.

- Alimentación eléctrica y datos suministrados vía comunicación IDNet de dos cables.
- Requiere uso de llave para restablecer la estación.
- Requiere que el operador rompa el cristal para dejar expuesta la palanca empotrada.
- Varilla de accionamiento suministrada (su uso es opcional).
- Carcasa y palanca de policarbonato Lexan.
- Compatible con paneles 4008, 4010, 4010ES, 4100U, 4100ES.

### 3.14 MÓDULO DIRECCIONABLE INDIVIDUAL (RELAY-IAM) 4090-9002

**Figura 21. Módulo direccionable relay IAM [19].**



Fuente: Disponible en: [www.simplexgrinnell.com](http://www.simplexgrinnell.com)

Módulo de comunicación IDNet 4090-9002 Relay IAM o RIAM. Mantiene la comunicación al panel de control de alarma contra incendio, de manera que pueda ser controlado de modo remoto, usando comunicación direccionable IDNet [19]. Sus características principales son:

- Listado UL, ULC, CSFM y aprobado por FM.
- Provee control mediante un contacto seco.
- Alimentación eléctrica y datos suministrados vía comunicación IDNet de dos cables.
- LED indicador de estado.
- Compatible con paneles 4008, 4010, 4010ES, 4100U, 4100ES.
- Aplicaciones típicas: Arranque de la BCI, apagado de HVAC, control de ascensor y puertas.

### **3.15 MÓDULO DIRECCIONABLE INDIVIDUAL (IAM) 4090-9001**

**Figura 22. Módulo direccionable IAM [19].**



Fuente: Interamsa Inversiones Inetramericanas S.A. Disponible en: [http://www.interamsa.com.pe/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1101&Itemid=1048](http://www.interamsa.com.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=1101&Itemid=1048)

Módulo de comunicación IDNet 4090-9001 Relay IAM o RIAM. Mantiene la comunicación al panel de control de alarma contra incendio, de manera que pueda ser controlado de modo remoto, usando comunicación direccionable IDNet [19]. Posee un diseño que minimiza la filtración de polvo. Tiene LED que indica la comunicación. Sus características principales son:

- Listado UL, ULC, CSFM y aprobado por FM.
- Alimentación eléctrica y datos suministrados vía comunicación IDNet de dos cables.
- LED indicador de estado.
- Compatible con paneles 4008, 4010, 4010ES, 4100U, 4100ES.
- Aplicaciones típicas: Supervisión de válvulas, detectores de flujo, interruptores de presión, señales de la BCI.

### 3.16 BOTÓN DE PÁNICO ENFORCER SS-078Q

Figura 23. Botón de pánico [20].



Fuente U. I. d. Santander, «Suministro, montaje y puesta en funcionamiento del sistema de automatización del edificio de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones,» Bucaramanga, 2012

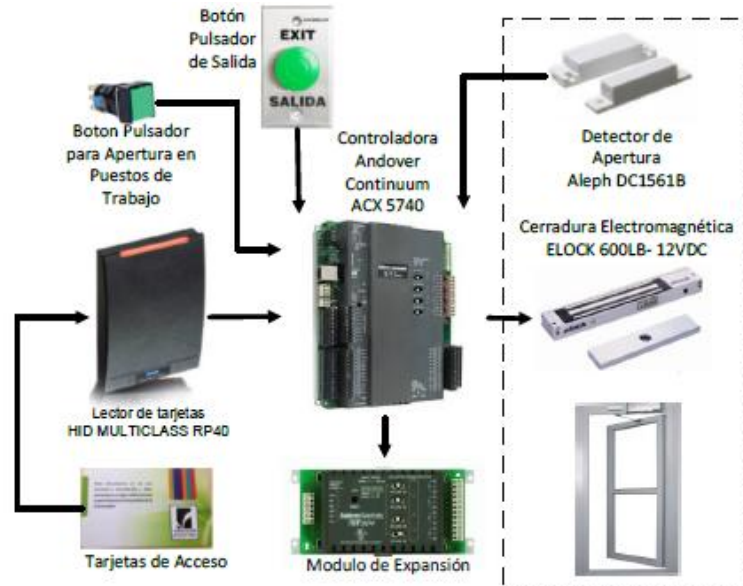
Encargado de la generación de alarmas en caso de alguna emergencia. Sus características son [20]:

- Botón pánico N.C, con llave para rearmar.
- Trabar el botón, demostraciones de la bandera cuando está presionado, dos llaves de reajuste incluidas.
- Caja plástica monta sobre-superficie, tapa inoxidable, SPST switch, 1 A, 12V.
- SS-078Q -- Operación de N.A.
- SS-078-KEY -- Opcional clave por SS-077Q/078Q.

### **3.17 SISTEMA CONTROL DE ACCESOS**

El subsistema de seguridad es el encargado de automatizar el control de acceso a las diferentes áreas del edificio de la E3T. El cual tiene como finalidad el control de puertas, ventanas y salidas de emergencia [21].

Figura 24. Diagrama de subsistema de control y seguridad [21].



Fuente U. I. d. Santander, «Suministro, montaje y puesta en funcionamiento del sistema de automatización del edificio de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones,» Bucaramanga, 2012

### 3.18 LECTORAS DE TARJETA

Las lectoras HID realizan el reconocimiento de la tarjeta, se encargan de validar el ingreso al área protegida, de manera simultánea envía la información de acceso del usuario a la controladora. Controla el acceso de paso dentro del edificio, salones, auditorios, sala de reuniones, etc. [21].

**Figura 25. Lectora HID [21].**



Fuente: Izq. Tomado de [www.iead.com](http://www.iead.com)

### **3.19 DETECTORAS DE APERTURA**

**Figura 26. Detector de apertura [21].**



Los detectores de apertura son elementos que funcionan a través de un contacto magnético y son los encargados de enviar señales de estado, tanto de ventanas como puertas, las cuales nos permiten saber si estas se encuentran abiertas o cerradas. Se caracterizan porque no se encuentran en interacción con otros elementos [21].

### 3.20 CERRADURAS ELECTROMAGNÉTICAS

Las cerraduras electromagnéticas o electroimanes, tienen como función el bloqueo o desbloqueo de puertas cuando recibe la señal de la controladora. Permitiendo, o negando, el acceso al área controlada cuando se encuentra energizadas, o desenergizadas [21].

**Figura 27. Cerradura electromagnética [21].**



Fuente: Tomado de [www.elock2u.com](http://www.elock2u.com)

- Estado abierto (desbloqueado): LED de indicación en rojo.
- Estado cerrado (asegurado): LED de indicación en verde.

### 3.21 BOTONES PULSADORES

Estos botones son los encargados, al igual que las tarjetas, de enviar señales a la controladora para permitir la salida o el acceso sin la necesidad de contar con una tarjeta de apertura. Cuentan con una carcasa de acero inoxidable, son de presión momentánea y funciona con contactos NO/NC [21].

**Figura 28. Botón pulsador [21].**



### **3.22 PULSADORES DE APERTURA EN PUESTOS DE TRABAJO**

**Figura 29. Botón pulsador [21].**



Son botones con un propósito especial, estos se encuentran ubicados en puestos de trabajo y permiten dar acceso de entrada o salida a personas autorizadas por los administrativos que se encuentren en dichas áreas de trabajo [21]. El botón pulsador seleccionado es el Andeli de referencia 222 LC que funciona con una tensión de 24 V.

### 3.23 SENSOR DE INUNDACIÓN

El sensor de humedad es un elemento de seguridad para casos de emergencia como inundaciones. El sensor de humedad 470-12 es un dispositivo electrónico de bajo consumo que tiene la capacidad de detectar el crecimiento del nivel de agua o cualquier otro líquido no-inflamable [22].

**Figura 30. Sensor de inundación [22].**



Fuente: Tomado de [www.honeywell.com/security/es](http://www.honeywell.com/security/es)

Características:

- Capaz de detectar agua o cualquier líquido conductivo no inflamable.
- Ideal para instalar en sumideros, desagües, o cualquier otro lugar que corra el riesgo de inundación.
- Alimentación 12 V, bajo consumo.
- Contacto forma C (SPD).
- Posee dos niveles de sensibilidad seleccionables.

### 3.24 DONA DE CORRIENTE H800

Dona de corriente marca Veris Industries, de referencia H800. Se encarga de monitorear y supervisar la intensidad de corriente que pasa a través de él. Monitorea en estado on/off donde el umbral se puede fijar en 0,5 A o menos [14].

**Figura 31. Dona de corriente [14].**



Fuente: Current Monitoring. Disponible en: <http://www.veris.com/Item/H800.aspx>

Características:

- Monitoreo de estado on / off de las cargas eléctricas.
- Monitoreo de las unidades de accionamiento directo, extractores, y otras cargas fijas.
- Verificación de los tiempos de funcionamiento de iluminación.
- Sensor de potencia de la corriente inducida monitorizada.
- Clase de aislamiento 600 VAC RMS (UL), 300 VAC RMS (CE).
- Rango de frecuencia 50/60 Hz.
- Rango de temperatura de -15 ° a 60 ° C (5 ° a 140 ° F).
- Ámbito de humedad de 10% a 90% de humedad relativa, sin condensación.
- Tamaño máximo del bloque de terminales de alambre 14 AWG.

### 3.25 CONTROLADORAS ANDOVER CONTINUUM ACX

La controladora ACX 5740 recibe y entrega información a los elementos del subsistema Continuum. Controla mediante dos estados para cada área de control: modo apagado, los elementos del sistema conectados a la controladora se encuentran suspendidos y no funcionan según la automatización dada, el modo auto, toda la información cargada en la controladora a través del sistema empieza a ejecutar la programación, activando y desactivando los elementos del sistema, según corresponda la situación de control. Para pasar de un estado a otro es necesario desplazar los selectores presentes en la controladora [23].

**Figura 32. Controladora ACX [23].**



Especificaciones técnicas.

- Controladora de acceso por Ethernet.
- Hasta 480000 registros de personal.

- 32 MB de memoria flash.
- 128 MB de memoria dinámica.
- Alimentación de 24 VAC o 12-28 VDC.
- Sistema de detección automática.
- Consumo de energía de 90 VA o 50 W.
- Respaldo de batería interna.

### 3.26 MÓDULO DE EXPANSIÓN PARA CONTROLADORA

Permite adicionar a la controladora ACX mayor número de entradas y salidas [23].

**Figura 33. Módulo de expansión ACX [23].**



### 3.27 CONTROLADORA ANDOVER CONTINUUM INFINET I2624 E I2800

Las controladoras i26XX y las controladoras i2800 están diseñadas para funcionar como seguidoras de entrada de un solo punto. La controladora i2624 cuenta con 24 entradas universales, posee memoria flash no volátil y capacidad de almacenamiento de registro local. Contiene un consumo de energía 25 VA [24].

**Figura 34. Controladora Infinet i [24].**

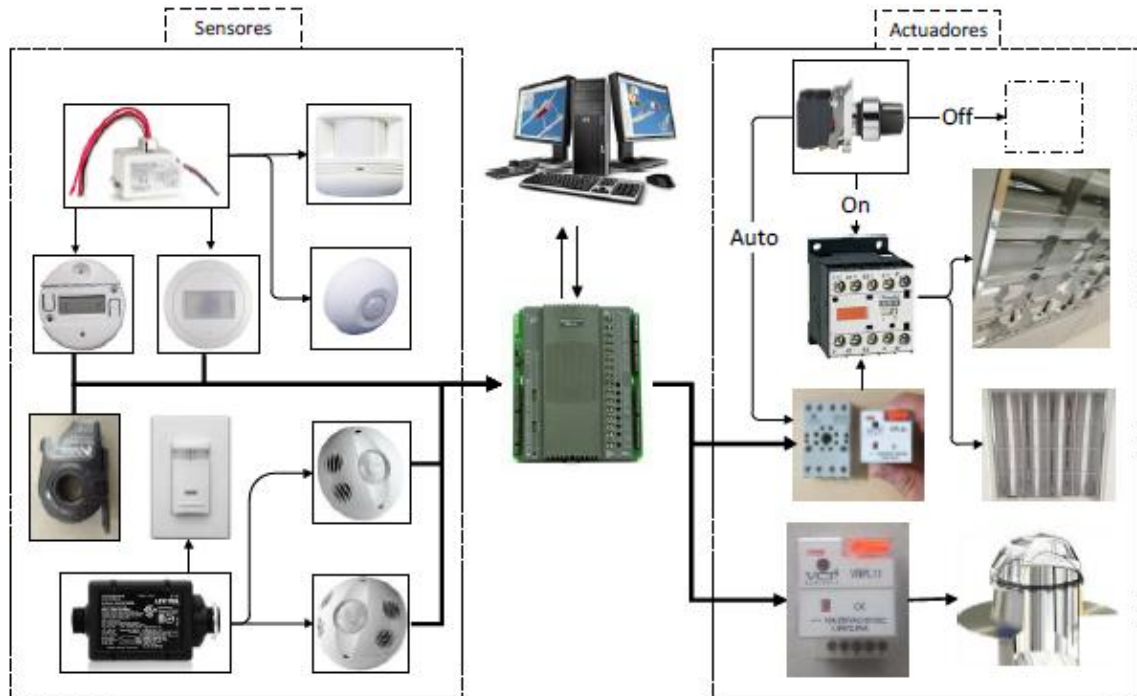


Fuente: Tomado de [www.schneider-electric.com/buildings](http://www.schneider-electric.com/buildings)

### **3.28 SUBSISTEMA DE ILUMINACIÓN**

El subsistema de iluminación es el encargado de automatizar el funcionamiento de sensores, balastos y tubos solares, con la finalidad de brindar iluminación en los sitios asignados. Este además está conformado por sensores que se encargan de combinar la detección de presencia, la medición de la cantidad de luminosidad a los diferentes actuadores que se encargan de activar los elementos incandescentes y reflectantes seleccionados para realizar la respectiva iluminación [25].

**Figura 35. Diagrama de subsistema de iluminación [25].**



Fuente U. I. d. Santander, «Suministro, montaje y puesta en funcionamiento del sistema de automatización del edificio de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones,» Bucaramanga, 2012

### 3.29 LUMINARIAS

Hace referencia a cualquier objeto que soporta el revestimiento de una fuente de luz, por lo cual contiene accesorios para la fijación, protección y conexión de las lámparas a la red eléctrica instalada en el edificio. En el edificio las luminarias constan de dos lámparas y un balasto, de esta manera se puede controlar la intensidad lumínica por medio de la variación de la línea de tensión de control proveniente de la controladora [25].

**Figura 36. Luminarias [25].**



Fuente U. I. d. Santander, «Suministro, montaje y puesta en funcionamiento del sistema de automatización del edificio de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones,» Bucaramanga, 2012

### **3.30 CONTROLADORA ANDOVER CONTINUUM INFINET II I2920**

Encargada de satisfacer de manera adaptable las necesidades de monitoreo y actividades de control correspondientes al subsistema de iluminación [24].


**Figura 37. Controladora Infinet ii [24].**



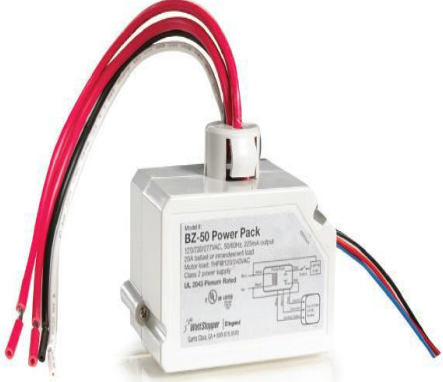
Especificaciones técnicas:

- Procesador de 32 bits.
- 16 entradas universales.
- Memoria flash no volátil.
- Batería integrada para protección de datos en ejecución.
- 8 salidas en forma de C para control de relevos.
- 8 salidas para el control de iluminación.

### 3.30.1 Power Pack Leviton OSP20-RD0

<p style="text-align: center;"><b>Descripción</b></p> <p>Los Power Pack Leviton OSP20-RD0 son unidades de alimentación para sensores de ocupación, así como para circuitos de interrupción de carga [26].</p>	<p style="text-align: center;"><b>Figura 38. Unidad de alimentación [26]</b></p> 
<p style="text-align: center;"><b>Especificaciones eléctricas</b></p> <p><b>Tensión de entrada:</b> 120/220-277 V 60 Hz.  <b>Entrada de control:</b> 5 mA 24 V.  <b>Clasificación de carga:</b> 20 A FL/INC.  <b>Salida de suministro de alimentación:</b> 150 mA 24 V.</p>	
<p style="text-align: center;"><b>Especificaciones del material</b></p>	<p style="text-align: center;"><b>Características del producto</b></p>
<p><b>Color:</b> negro.  <b>Material de alojamiento:</b> plástico de alto impacto.  <b>Material de contacto:</b> aleación de plata.  <b>Conductores de cable:</b> alimentación 14 AWG de 15,24 cm, control 22 AWG de 17,5 cm.</p>	<p><b>Clasificación de carga:</b> 20 A FL/INC.  <b>Tensión de entrada:</b> 120/220-277 V 60 Hz.  <b>Entrada de control:</b> 5 mA 24 V.  <b>Salida de suministro de alimentación:</b> 150 mA 24 V.  <b>Característica:</b> relé HVCA de 0,5 A 125 V CA a 1,0 A 30 V CC.  <b>Color:</b> negro.  <b>Normas y certificaciones:</b> CUL/US.</p>
<p style="text-align: center;"><b>Especificaciones mecánicas</b></p>	
<p><b>Característica:</b> relé HVCA de 0,5 A 125 V CA a 1,0 A 30 V CC.</p>	

### 3.30.2 Power Pack Legrand WattStopper BZ-5

Descripción	<p data-bbox="1008 737 1354 768" style="text-align: center;"><b>Figura 39. Power pack [27].</b></p>  <p data-bbox="894 1230 1435 1262">Fuente: tomado de <a href="http://www.wattstopper.com">www.wattstopper.com</a></p>
<p data-bbox="302 470 876 680">El Power Pack Legrand WattStopper BZ-50 está compuesto de un transformador y un relé, que se encarga de proporcionar energía a los sensores y foto-sensores. Este convierte en la base principal del control de cualquier sistema de iluminación de bajo tensión [27].</p>	
Especificaciones eléctricas	
Tensiones 120/230/277 V, 50/60Hz	
Requerimientos de carga	
<p data-bbox="302 972 613 1003">Balasto 20amp a 120/277 V AC.</p> <p data-bbox="302 1018 623 1050">Incandescente 20 A a 120 V CA.</p> <p data-bbox="302 1064 565 1096">Motor 1HP a120/240 V AC.</p> <p data-bbox="302 1110 784 1142">Salida 225 mA a 24 VCC (con el relé conectado).</p> <p data-bbox="302 1157 764 1188">Entrada de baja tensión, control-ON 12-24VDC.</p> <p data-bbox="302 1203 854 1234">Temperatura de funcionamiento 32 ° -104 ° F (0-40 ° C).</p>	

### 3.30.3 OSC10-M0W Leviton sensor de ocupación techo 360° 92,9 m2

Figura 40. Sensor de ocupación [28].



Fuente: Sensores de ocupación. Disponible en:  
[http://spanish.leviton.com/OA\\_HTML/ProductDetail.jsp?partnumber=OSC10-M0W&section=38563](http://spanish.leviton.com/OA_HTML/ProductDetail.jsp?partnumber=OSC10-M0W&section=38563)

El sensor de ocupación leviton OSC10-M0W es un sensor que combina multitecnología MT, infrarroja PIR y ultrasónicas US, esta tecnología permite lograr una supervisión de alta precisión sin activaciones en falso. Cuenta con tecnología autoajustable y completamente digital. Se activa mediante la detección pasiva infrarroja y se mantiene encendida mediante una señal de detección pasiva infrarroja o una ultrasónica, combinando las dos tecnologías: la detección de largo alcance de la infrarroja y la alta sensibilidad de la tecnología ultrasónica. Estos tipos de sensores se encuentran ubicados en aulas de clase y otros lugares como pasillos [28].

Especificaciones de control:

- **Ajuste:** autoajustable.
- **Ajuste de tiempo manual:** 30 s a 30 m, modo de prueba 6 s.
- **Cronómetro prefijado de fábrica:** 10 minutos.

- **Ajustes de sensibilidad:** 0% a 100%.
- **Sensibilidad prefijada de fábrica:** ultrasónica 50% infrarroja 75%.
- **Ajuste de fotocélula:** 20 a 3000 lux.
- **Fotocélula prefijada de fábrica:** 3000 lux (deshabilitar fotocélula).
- **Modo de tecnología única/múltiple:** encendido/apagado. Seleccionable PIR - Infrarrojo pasivo/ULTRA.
- **Apagado LED:** habilitar LED/deshabilitar LED.

### 3.30.4 OSC05-M0W Leviton sensor de ocupación techo 180° 46,45 m<sup>2</sup>

**Figura 41. Sensor de ocupación [28].**



Fuente: Sensores de ocupación. Disponible en:  
[http://spanish.leviton.com/OA\\_HTML/ProductDetail.jsp?partnumber=OSC05-M0W&section=38563&minisite=10251](http://spanish.leviton.com/OA_HTML/ProductDetail.jsp?partnumber=OSC05-M0W&section=38563&minisite=10251)

El sensor de ocupación leviton OSC05-M0W es un sensor que combina multitecnología MT, infrarroja PIR y ultrasónicas US, esta tecnología permite lograr una supervisión de alta precisión sin activaciones en falso. Cuenta con tecnología

autoajustable y completamente digital. Se activa mediante la detección pasiva infrarroja y se mantiene encendida mediante una señal de detección pasiva infrarroja o una ultrasónica combinando las dos tecnologías la detección de largo alcance de la infrarroja y la alta sensibilidad de la tecnología ultrasónica. Estos tipos de sensores se encuentran ubicados en aulas de clase y otros lugares como pasillos. Cuenta con una cobertura de 47 m<sup>2</sup> y grados de patrón 180 [28].

Especificaciones de control:

- **Ajuste:** autoajustable.
- **Ajuste de tiempo manual:** 30 s a 30 m, modo de prueba 6 s.
- **Cronómetro prefijado de fábrica:** 10 minutos.
- **Ajustes de sensibilidad:** 0% a 100%
- **Sensibilidad prefijada de fábrica:** ultrasónica 50% infrarroja 75%.
- **Ajuste de fotocélula:** 20 a 3000 lux.
- **Fotocélula prefijada de fábrica:** 3000 lux (deshabilitar fotocélula).
- **Modo de tecnología única/múltiple:** encendido/apagado. Seleccionable PIR - Infrarrojo pasivo/ULTRA.
- **Apagado LED:** habilitar LED/deshabilitar LED.

### 3.30.5 Sensor de ocupación WattStopper CX-100 (PIR)

**Figura 42. Sensor de ocupación [29].**



Fuente: Watt Stopper. Disponible en: <http://www.bermac.com.mx/catalogos/bticino/ahorrodeenergia/WattStopper05.pdf>

Los sensores de ocupación CX-100 cuentan con tecnología PIR (rayos infrarrojos pasivos), la cual percibe la ocupación mediante la detección de la diferencia entre el calor emitido por el cuerpo humano y el espacio circundante. Además posee un avanzado filtro de luz del día con el fin de evitar falsas detecciones causadas por la luz visible (rayos solares). El detector PIR posee una cobertura  $112 \text{ m}^2 - 90^\circ$ . Este tipo de sensores se encuentran ubicados en los pasillos y las escaleras del edificio de la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones [29].

### 3.30.6 Sensor de ocupación ODC0S-I2

**Figura 43. Sensor de ocupación [28].**



Fuente: Sensores de ocupación. Disponible en:  
[http://spanish.leviton.com/OA\\_HTML/ProductDetail.jsp?partnumber=ODC0S-I2W&section=38563&minisite=10251](http://spanish.leviton.com/OA_HTML/ProductDetail.jsp?partnumber=ODC0S-I2W&section=38563&minisite=10251)

Los sensores de ocupación ODC0S-I2 cuentan con tecnología de detección infrarroja pasiva (PIR) para vigilar espacios por medio de un lente Fresnel segmentado. Esta tecnología divide el campo del sensor por zonas. Cuando una persona pasa dentro o fuera de una zona segmentada el sensor detecta movimiento y acciona la iluminación, este permanecerá encendido mientras se encuentre un ocupante en movimiento a través de la zona del sensor.

Posee una cobertura de 42 m<sup>2</sup> cuando se monta en una superficie en techo estándar de 2,4 m y tiene un campo de visión de 360° [28].

### 3.30.7 Sensor de ocupación leviton ODS10-ID decora

Figura 44. Sensor de ocupación [28].



Fuente: Sensores de ocupación. Disponible en:  
[http://spanish.leviton.com/OA\\_HTML/ProductDetail.jsp?partnumber=ODS10-IDW&section=38557](http://spanish.leviton.com/OA_HTML/ProductDetail.jsp?partnumber=ODS10-IDW&section=38557)

El ODS10-ID opera conjuntamente como interruptor y sensor de ocupación por infrarrojo pasivo (PIR). El ODS10-ID se puede utilizar para conmutación automática de lámparas, incandescentes y fluorescentes, y la iluminación. La unidad también cuenta con un interruptor de accionamiento manual que se puede utilizar para mantener las luces OFF mientras que un área esté ocupada [28].

Características del producto:

- **Línea de productos:** ODS10.
- **Tecnología:** infrarrojo pasivo.
- **Tipo de interruptor:** mono polar.
- **Montaje:** interruptor montado en la pared.
- **Tipo de producto:** sensor de ocupación.
- **Cobertura (m<sup>2</sup>):** 195 m<sup>2</sup>.

- **Patrón:** 180°.
- **Altura de montaje (m):** 1 m.
- **Tiempo de retardo:** 30 s - 30 min.
- **Tensión:** 120/277 V CA 60 Hz.

### 3.30.8 LS-102 daylight controller

**Figura 45. Fococelda [30].**



Fuente: Tomado de [www.wattstopper.com](http://www.wattstopper.com)

El LS-102 *daylight controller* es un fotosensor interior que apaga automáticamente una zona de luz basado en ON y OFF. La señal de salida proveniente de este sensor varía entre 0 VDC cuando las luminarias permanecen apagadas y 24 VDC cuando se encuentran encendidas. La fotocelda LS-102 requiere de una fuente de alimentación de bajo tensión para operar, y cuenta con un rango de sensado amplio capaz de medir una intensidad lumínica de 1 a 1400 candelas. Tiene un fotosensor digital avanzado multibanda, un microcontrolador a bordo, y una pantalla LCD. La LS-102 tiene un cono óptico 100° que corta la luz no deseada, eliminando falsos disparos [30].

Información técnica;

- Rango: 1 a 1400 candelas.
- Tiempo de respuesta: Ajustable.
- Corriente: 7 mA.
- Tensión: 12/24 VDC.

### 3.30.9 LS-301 dimming photosensor

Figura 46. Fococelda [30].



Fuente: LightSaver® LS-301 Dimming Photosensor. Disponible en: [http://www.wattstopper.com/products/sensors/daylighting%20sensors/ls-301.aspx#.VOuvT\\_mG9hw](http://www.wattstopper.com/products/sensors/daylighting%20sensors/ls-301.aspx#.VOuvT_mG9hw)

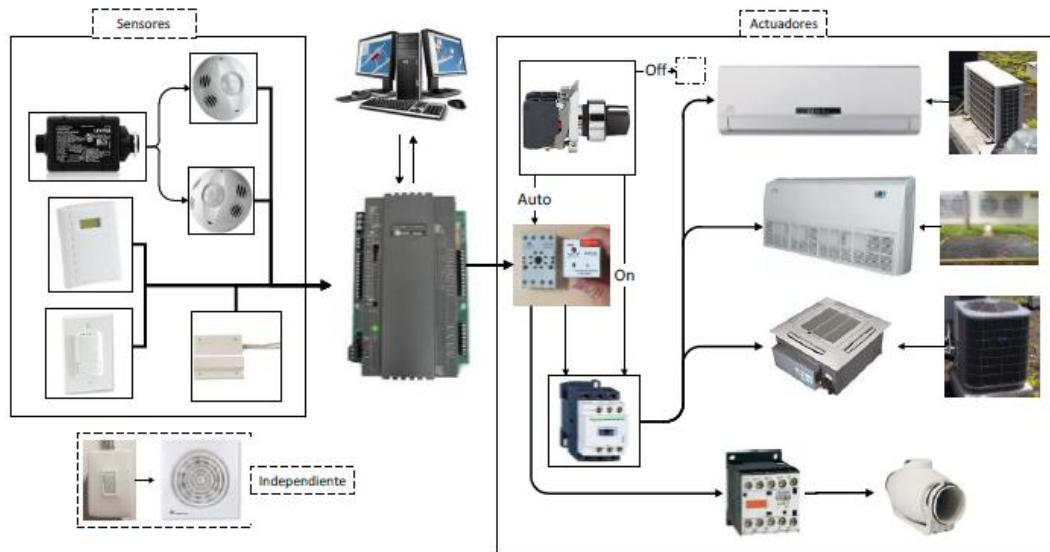
La fotocelda LS-301 *Dimming Photosensor* fue instalada en espacios donde se requiere regular la intensidad lumínica ofrecida por la infraestructura de iluminación del edificio.

El LightSaver LS-301 es un circuito cerrado, montaje en techo, fotosensor interior de bajo tensión que funciona con el estándar 0-10 VDC para el control de los balastos dimerizables. La fotocelda LS-301 es un regulador de atenuación electrónica que toma la luz del día y la luz artificial con el fin de ofrecer una salida que permita ajustar los niveles de iluminación de las áreas donde se encuentra instalado. Después de que la LS-301 se encuentre instalada, todos los ajustes se realizan mediante la herramienta de configuración de control remoto LSR-301-S. El mando a distancia opcional (LSR-301-P) permite al ocupante ajustar los niveles de luz [30].

### **3.40 ELEMENTOS DEL SUBSISTEMA DE CLIMATIZACIÓN**

El subsistema de climatización cumple con la función de monitorear la temperatura, con la finalidad de automatizar el control de los equipos de aire acondicionado y extractores de aire que se encuentran instalados en sitios estratégicos, los cuales concentran una gran cantidad de personas o equipos. Siempre buscando mitigar el calor y las cargas térmicas de las diferentes zonas del edificio [25].

**Figura 47. Diagrama subsistema de climatización [25].**



Fuente U. I. d. Santander, «Suministro, montaje y puesta en funcionamiento del sistema de automatización del edificio de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones,» Bucaramanga, 2012

### 3.40.1 Extractor de aire SILENT 300

**Figura 48. Extractor de aire [31].**



Fuente: Extractores de baño. Serie Silent-300. Disponible en: <http://www.solerpalau.cl/silent-300.html>

El extractor SILEN- 300 es un ventilador con forma helicoidal, que genera poco ruido (32dB). Posee una puerta anti retorno que impide la entrada de aire exterior o las indeseadas fugas de calefacción. Además posee un piloto luminoso, indicador del funcionamiento, y un motor de 120 V a 60 Hz, muy silencioso ya que tiene rodamientos a bolas y se encuentra apoyado sobre un Silent-bocks que amortigua las vibraciones. En funcionamiento automático el extractor se pondrá en marcha cuando el nivel de humedad en el lugar es superior al valor ajustado y se detiene cuando este valor este por debajo del valor ajustado. El extractor cuenta con un higrostatato que mide el nivel de humedad en el aire y puede ser regulado entre el 60% y el 90% HR (humedad relativa) y un temporizador ajustable entre 2 y 20 minutos [31].

### **3.40.2 Extractor de aire SILENT TD-500/150-160**

**Figura 49. Extractor de aire [32].**



Fuente: Tomado de [www.solerpalau.es](http://www.solerpalau.es).

Los SILENT TD-500/150-160 son ventiladores helicocentrífugos de bajo perfil, extremadamente silenciosos que poseen una estructura interna perforada que direccionan las ondas sonoras, y el aislamiento interior fonoabsorbente que amortigua el ruido radiado. Tiene motor brushless de corriente continua, de alto rendimiento y bajo consumo, su alimentación entre 115 V  $\pm$  15% a 50/60Hz, IP44, rodamientos a bolas y caja de bornes externa [32].

**3.40.3 Aire acondicionado.** Los aires acondicionados son implementados con el fin de mejorar el confort térmico en zonas específicas del edificio de la Escuela de Ingenierías Eléctrica Electrónica y de Telecomunicaciones. El edificio cuenta con tres modelos de aires acondicionados trabajando cada uno de estos a una tensión de 220 VAC, la diferencia radica en la extracción de carga térmica que aportan en los espacios instalados [33].

En las zona de CCTV, dirección y sala de reuniones del edificio se utilizan aires con clasificación 18 SEER (*Seasonal Energy Efficiency Ratio*) y una capacidad de 1TRF (tonelada de refrigeración).

- Nivel de ruido: desde 42 dB (evaporador) desde 52 dB (condensador).
- Fuente de energía: 208-230, 60 Hz.
- Eficiencia: 18 SEER.
- Compresor: rotativo Twin.
- Refrigerante: R-410A.

**Figura 50. Aire acondicionado [33].**



Fuente: CC AIRE. Minisplit. Standard. Disponible en:  
<http://www.ccaires.com/airesacondicionados/minisplit/ciac/standard.php>

En las aulas del cuarto piso se implementaron unidades de refrigeración central con condensador de descarga vertical con capacidad de 3TRF. Esta unidad compacta proporciona eficiencia, facilidad de funcionamiento y de mantenimiento. Su diseño compacto, y la posibilidad de instalarse en el cielo raso, hacen que sea apropiado con cualquier decoración interior [33].

**Figura 51. Unidad de refrigeración [33].**



Fuente U. I. d. Santander, «Suministro, montaje y puesta en funcionamiento del sistema de automatización del edificio de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones,» Bucaramanga, 2012

- Nivel de ruido: desde 36 dB.
- Fuente de energía: 220, 60 Hz.
- Eficiencia: hasta 21 SEER.
- Compresor: rotativo Twin.
- Refrigerante: R-410A.

Las unidades de refrigeración instaladas en la sala profesores del edificio poseen una capacidad similar a la instalada en el cuarto piso del edificio [25].

**Figura 52. Aire acondicionado [25].**



## 4. ELEMENTOS DE COMPONENTES SOSTENIBLES

Siguiendo con el proceso de identificación de los elementos pertenecientes a cada sistema, se identifican los componentes sostenibles, que tienen como finalidad atender a las necesidades que tiene el edificio en el presente sin comprometer la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras, esto implica reducción de consumos energéticos [14].

### 4.1 TUBOS SOLARES SOLATUBE 160 DS LIGHT TUNNEL

**Figura 53. Tubo solar [34].**



Fuente: Solatube. Disponible en: <http://www.solatube.com/>

Los tubos solares solatube 160 Ds light tunnel permiten el aprovechamiento de la luz natural, estos tubos cuentan con un persiana motorizada de cierre y apertura la cual permite manejar el flujo de luz. El control es supervisado por el usuario del subsistema de iluminación [34].

**Tabla 4. Especificaciones de tubo solar [34].**

<b>Modelo</b>	<b>Diámetro del tubo</b>	<b>SECLN</b>	<b>Área iluminada (residencial)</b>	<b>compartimento máximo del tubo</b>
Solutabe160 Ds	250mm	1032cm <sup>2</sup>	14-19m <sup>2</sup>	6m

**SECLN (superficie efectiva de captación de la luz natural)**

## 5. INVENTARIO Y CODIFICACIÓN DE LOS EQUIPOS

Con la finalidad de tener un control preciso, ordenado y eficiente del mantenimiento, es necesario realizar un inventario para ordenar la información y poder sistematizarla de manera ágil y sencilla.

El edificio de la Escuela de Ingenierías Eléctrica Electrónica y de Telecomunicaciones en el marco de su excelencia y eficiencia en los sistemas de automatización, seguridad y componentes sostenibles presentan un parte hasta el momento satisfactorio del funcionamiento de los equipos y de los sistemas que lo conforman.

Con ayuda del inventario se podrá llevar un historial de los reportes de mantenimiento correctivo y preventivo, correspondientes al sistema de automatización del edificio de la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander. De igual forma se podrá llevar la evolución de cada elemento, es decir su comportamiento con el paso del tiempo y consecuentes con las acciones preventivas administradas.

En el inventario se representarán las existencias de los elementos del sistema de automatización, seguridad y componentes sostenibles que se encuentran ubicados en el edificio de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander, esos se muestran por ubicación, la cual es de importancia para el reconocimiento mediante la codificación de los elementos.

## **5.1 PROCEDIMIENTO PARA EL LEVANTAMIENTO DEL INVENTARIO DE EQUIPOS DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN SEGURIDAD Y COMPONENTES SOSTENIBLES DEL EDIFICIO E3T DE LA UIS**

Con el fin de llevar el desarrollo del proyecto, se organizó el trabajo de levantamiento en una serie de actividades secuenciales, las cuales consisten en la recopilación de datos, inspección visual, análisis de la información y elaboración de resultados.

## **5.2 RECOPIACIÓN DE DATOS**

En esta actividad se realiza la respectiva recopilación de información, se accede a los planos que hacen parte del contrato realizado entre la empresa contratista EME INGENIERIA S.A. y la Universidad Industrial de Santander, los cuales reposan en la página web [www.uis.edu.co](http://www.uis.edu.co) en la sección de contratación. También se adquieren los planos que hacen parte del reporte entregado por la empresa contratista EME INGENIERIA S.A. a la E3T como comprobante de la terminación del contrato SUMINISTRO MONTAJE, Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DEL EDIFICIO DE LA ESCUELA DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE TELECOMUNICACIONES<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> D. Arévalo, E. Mantilla y A. Sáchica, Monitoreo, soporte operativo y documental del sistema de automatización del nuevo edificio de la E3T, Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander - UIS, 2013.

### **5.3 INSPECCIÓN VISUAL**

Una vez realizada la recopilación de información, se realiza un recorrido de inspección visual por las instalaciones del edificio y rutas de los subsistemas para identificar los equipos principales y sus características dentro del sistema, teniendo como referencia los planos anteriormente mencionados.

### **5.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN**

Con todos los datos adquiridos se elaboran tablas en Excel para lograr dimensionar adecuadamente la situación, la cual concierne al inventario y proporciona un diagnóstico preciso acerca del plan de mantenimiento preventivo. La obtención de las tablas de inventario de equipos se planifica de la siguiente manera, realizando un análisis comparativo de los planos de diseño, con los planos entregados por el contratista encargado de la obra como constancia de la culminación de esta misma.

Basándose en el trabajo de grado con título *“Monitoreo, soporte operativo y documental del sistema de automatización del nuevo edificio de la E3T”* se logra obtener cuadros comparativos que son verificados con la inspección visual realizada, donde finalmente se obtiene la recopilación de los equipos instalados mostrados en las tabla 4.

## 5.5 ELABORACIÓN DE RESULTADOS

Identificados los equipos instalados y su ubicación por piso se determina un sistema de codificación, el cual permite identificar y relacionar cada elemento del subsistema con el respectivo sistema.

## 5.6 INVENTARIO DE EQUIPOS DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN SEGURIDAD Y COMPONENTES SOSTENIBLES DEL EDIFICIO DE LA E3T

En las siguientes tablas se muestra los elementos que componen el sistema de automatización, seguridad y componentes sostenibles según su ubicación dentro del edificio de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones.

**Tabla 5. Inventario de elementos por piso.**

SUBSISTEMA DE ILUMINACIÓN	SOTANO	PISO 1	PISO 2	PISO 3	PISO 4	PISO 5	TOTAL
Power Pack Leviton OSP20-RD0	3	10	9	9	6	12	49
Power Pack Legrand WattStopper BZ-50	6	6	8	8	8	8	44
Hawkeye 800 Current Switch	0	0	0	4	3	0	7
Leviton OSC5-M0W y OSC10-M0W	3	10	9	9	6	12	49
WattStopper CX-100 (PIR)	0	5	6	6	6	3	26
sensores ODC0S-I2	3	1	2	2	2	5	15
Leviton ODS10-ID Decora	3	0	0	0	0	0	3
LS-102 Daylight Controller	0	5	0	0	8	0	13
LS-301 Dimming Photosensor	0	0	0	0	6	12	18
Controladora Andover Continuum Infinet II i2920	0	0	0	0	1	4	5
Tubos solares Solatube 160 DS light tunnel	0	0	0	0	9	13	22
Sensores de temperatura TE Series 10k	1	0	0	0	5	0	6
Transmisores de temperatura TWLB30	0	1	1	1	1	1	5
Extractor de aire SILENT-300	0	9	7	4	4	1	25

**Tabla 6. Inventario de elementos por piso. (Continuación)**

SUBSISTEMA DE ILUMINACIÓN	SOTANO	PISO 1	PISO 2	PISO 3	PISO 4	PISO 5	TOTAL
Extractor de aire SILENT TD-500	2	0	0	0	4	0	6
Aire Acondicionado Minisplit	0	0	0	0	0	3	3
Aire acondicionado Central	0	0	0	0	8	0	8
Aire Acondicionado Piso Techo	2	0	0	0	0	0	2
Controladora Andover Continuum Infinet II i2800	0	2	0	0	3	0	5

SUBSISTEMA PARA DETECCIÓN DE INCENDIO	SUBESTACIÓN	SOTANO	PISO 1	PISO 2	PISO 3	PISO 4	PISO 5	TOTAL
Panel de detección de incendio SIMPLEX 4100ES	0	0	0	0	0	1	0	1
NAC-Extender	0	0	1	0	0	0	0	1
Anunciador remoto SIMPLEX 4603-9101	0	0	1	0	0	0	0	1
Sensor fotoeléctrico de humo 4098-9714 (DIRECCIONAL)	0	5	8	8	8	8	22	59
Sensor térmico 4098-9733 (BASE DIRECCIONAL)	0	1	0	0	0	0	1	2
Sensor dual 4098-9754	5	0	0	0	0	0	0	5
Sirena con luz estroboscópica Simplex montaje en muro 4906-9127	1	2	7	9	8	8	5	40
Sirena con luz estroboscopia montaje en techo simple 4906-9128	0	0	0	0	0	0	3	3
Luz estroboscópica montaje en muro Simplex 4906-9101	0	2	1	0	0	0	2	5
Estación manual SIMPLEX 4099-9002	0	1	0	0	0	0	1	2
Botón de pánico ENFORCER SS-078Q	0	0	0	0	0	0	2	2
Gabinete para controladoras, incluye fuente y accesorios	0	0	1	1	1	1	1	5
Controladora ACX 5740	0	0	1	1	1	1	1	5
Lectora de proximidad de corto alcance	0	2	2	6	4	7	9	30
Electroiman 600 Lb	0	4	4	7	6	7	7	35
Detector de apertura	2	14	9	9	8	30	9	81
Módulo de expansion	0	0	1	1	1	1	1	5
Controladora Andover Continuum Infinet i2624	0	0	1	0	0	0	0	1
Boton pulsador salida	0	8	1	6	4	5	10	34
sensor de temperatura	1	0	0	0	0	5	0	6

SUBSISTEMA PARA DETECCIÓN DE INCENDIO	SUBESTACIÓN	SOTANO	PISO 1	PISO 2	PISO 3	PISO 4	PISO 5	TOTAL
Dona de corriente H800	0	0	0	0	4	3	0	7
Sensor de temperatura con display	0	0	1	1	1	1	1	5
sensor de humedad	1	0	0	0	0	0	0	1
Cámara de red mini domo de la serie SARIX marca Pelco	0	1	0	0	0	4	2	7
Videograbadora de red Digital Sentry (DSSRV-060DVD-US) NVR	0	0	0	0	0	0	1	1
Monitor LCD serie PMCL500 de 42"	0	0	0	0	0	0	1	1

## 5.7 CODIFICACIÓN

Se planteó un modelo de codificación para los elementos del sistema de automatización, seguridad y componentes sostenibles, que cuentan con una combinación de números y letras para facilitar el reconocimiento. La codificación se realiza tomando como base clasificaciones y codificaciones realizadas en artículos [35] y proyectos de grado con temas afines [36].

Se tuvo en cuenta la ubicación por pisos de cada elemento del sistema, y el subsistema al cual pertenecen. La siguiente tabla muestra la codificación para cada elemento, en primer lugar se muestra la ubicación, en números del 0 al 5, donde cada número corresponde al piso y el cero al sótano.

**Tabla 7. Lista de codificación.**

CODIFICACIÓN				
Piso	Sistema	Subsistema	Elemento	No
1	A	C	Dos dígitos	Dos dígitos
2		D		
3		A		
4		I		
5	C	X		
0				

La segunda ubicación de la codificación admite dos letras, la “A” para el sistema de automatización y la “C” para componentes sostenibles, una “X” significa que no aplica, puesto que no se distinguen varios subsistemas. La nomenclatura de los subsistemas se muestra en la siguiente tabla, esta ocupa la tercera ubicación dentro de la codificación de elementos.

**Tabla 8. Nomenclatura de subsistemas.**

	Nomenclatura	Definición
Sistema	A	Sistema de Automatización
	S	Componentes Sostenibles
Subsistema	C	CCTV
	D	Detección de Incendios
	A	Control de Accesos
	I	Control de Iluminación
	X	No Aplica

La cuarta y quinta posición de la codificación de los elementos son dos dígitos, estos varían de acuerdo a cada subsistema. La siguiente tabla muestra los dos dígitos requeridos para identificar cada elemento dentro de los subsistemas.

**Tabla 9. Codificación de subsistemas.**

<b>COD</b>	<b>SUBSISTEMA DE ILUMINACIÓN</b>
01	Power Pack Leviton OSP20-RD0
02	Power Pack Legrand WattStopper BZ-50
03	Hawkeye 800 Current Switch
04	Leviton OSC5-M0W y OSC10-M0W
05	WattStopper CX-100 (PIR)
06	sensores ODC0S-I2
07	Leviton ODS10-ID Decora
08	LS-102 Daylight Controller
09	LS-301 Dimming Photosensor
10	Controladora Andover Continuum Infinet II i2920
<b>COD</b>	<b>SUBSISTEMA DE EQUIPOS SOSTENIBLES</b>
01	Tubos solares Solatube 160 DS light tunnel
<b>COD</b>	<b>SUBSISTEMA DE CLIMATIZACIÓN</b>
01	Sensores de temperatura TE Series 10k
02	Transmisores de temperatura TWLB30
03	Extractor de aire SILENT-300
04	Extractor de aire SILENT TD-500
05	Aire Acondicionado Minisplit
06	Aire acondicionado Central
07	Aire Acondicionado Piso Techo
08	Controladora Andover Continuum Infinet II i2800
<b>COD</b>	<b>SUBSISTEMA PARA DETECCIÓN DE INCENDIO</b>
01	Panel de detección de incendio SIMPLEX 4100ES
02	NAC-Extender
03	Anunciador remoto SIMPLEX 4603-9101
04	Sensor fotoeléctrico de humo 4098-9714 (DIRECCIONAL)
05	Sensor térmico 4098-9733 (BASE DIRECCIONAL)
06	Sensor dual 4098-9754
08	Sirena con luz estroboscópica Simplex montaje en muro 4906-9127

**Tabla 10. Codificación de subsistemas. (Continuación)**

COD	SUBSISTEMA PARA DETECCIÓN DE INCENDIO
09	Sirena con luz estroboscopia montaje en techo simple 4906-9128
10	Luz estroboscópica montaje en muro Simplex 4906-9101
11	Estación manual SIMPLEX 4099-9002
12	Botón de pánico ENFORCER SS-078Q
COD	SUBSISTEMA DE CONTROL DE ACCESO SEGURIDAD
01	Gabinete para controladoras, incluye fuente y accesorios
02	Controladora ACX 5740
03	Lectora de proximidad de corto alcance
04	Cerradura electromagnética ELOCK 600LB- 12VDC
05	Detector de apertura
06	Módulo de expansión
07	Controladora Andover Continuum Inifinet i2624
08	Boton pulsador salida
09	sensor de temperatura
10	Dona de corriente H800
11	Sensor de temperatura con display
12	sensor de inundación
COD	SUBSISTEMA DE CCTV
01	Cámara de red mini domo de la serie SARIX marca Pelco
02	Videograbadora de red Digital Sentry (DSSRV-060DVD-US) NVR
03	Monitor LCD serie PMCL500 de 42"

Por ejemplo, si el elemento es un electroimán ubicado en el salón 304 del edificio, el código para este elemento será 3 AA 01 01 si es el primer elemento registrado en la lista, es decir que el elemento se encuentra ubicado en el tercer piso, pertenece al sistema de automatización, pertenece al subsistema de control de acceso, que el elemento es un electroimán y es el primer electroimán en la listado de electroimanés. En el caso que el elemento sea un tubo solar el código muy

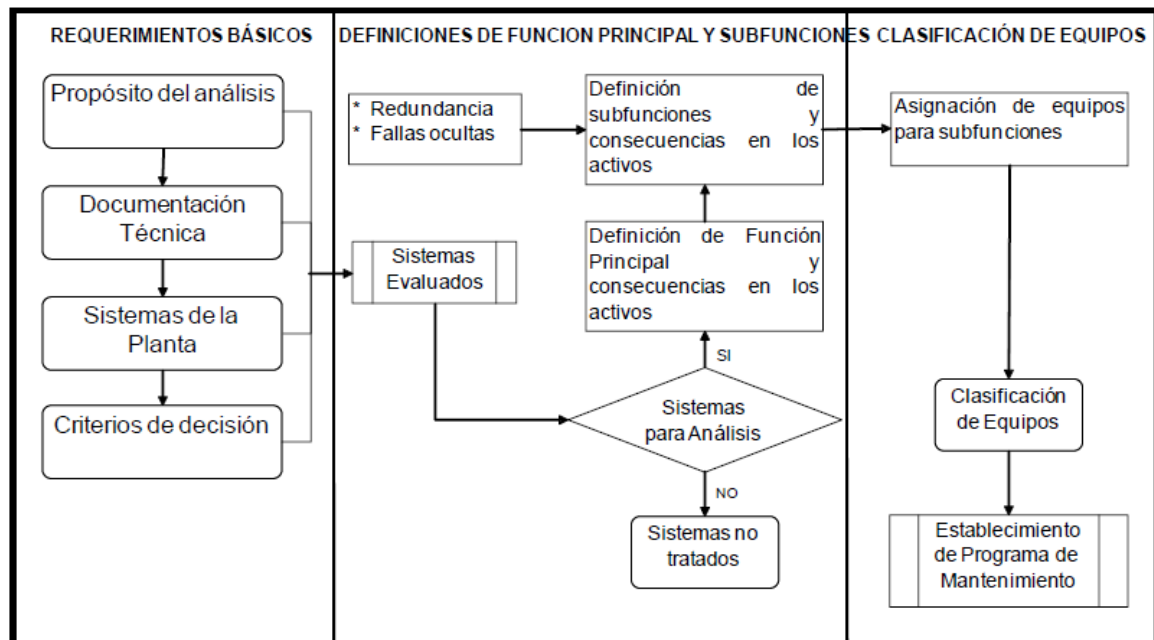
probablemente sea 4 CX 01 02 si es el segundo elemento registrado en la lista, este elemento se encuentra ubicado en el cuarto piso, hace parte del sistema de componentes sostenibles y es el segundo tubo solar registrado en la lista de tubos solares. Debido al compromiso de este proyecto, el Anexo D muestra un listado completo de los elementos con su correspondiente código.

## 6. ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS COMPONENTES

Debido al gran número de equipo que conforman los sistemas de automatización, seguridad y equipos sostenibles del edificio de la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones, es necesario establecer jerarquías hacia que equipos se deben dirigir todos los esfuerzos y metodologías de mantenimiento con el fin de atender las áreas o subsistemas más críticos. En este capítulo se desarrolla el análisis de criticidad [37].

### Diagrama de flujo de proceso de análisis de criticidad

Figura 54. Diagrama de flujo del proceso de análisis de criticidad [38].



## **6.1 METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE CRITICIDAD DE LOS PUNTOS.**

La metodología de análisis de criticidad permite establecer jerarquías o prioridades de instalaciones, procesos, sistemas y equipos, de acuerdo a su contribución total asociado a un proceso, construyendo una estructura que facilita la toma de decisiones de forma acertada y efectiva, el direccionamiento del esfuerzo y los recursos hacia cada uno de los equipos de mayor importancia, que puedan afectar el funcionamiento y la eficiencia del sistema en la organización.

Las áreas más comunes de aplicación de la metodología de análisis de criticidad se orientan a establecer programas de implantación y prioridades en los siguientes campos:

- Mantenimiento.
- Inspección.
- Materiales.
- Disponibilidad de planta.
- Personal.

La base fundamental de este enfoque es establecer un sistema de puntos para valorar la criticidad, por medio de una matriz cuyos rangos de frecuencia y consecuencias se expresan en puntos.

El análisis de criticidad realizado al sistema de automatización del edificio de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander, arrojó la siguiente tabla de frecuencias como se muestra a continuación:

**Tabla 11. Tabla de criterios para la estimación de la frecuencia.**

Frecuencia de Fallas (todo tipo de falla)	Puntaje
1 por año	1
Entre 1 y 12 por año (1 interrupción mensual)	3
Entre 13 y 26 por año (1 interrupción cada 2 semanas)	4
Entre 27 y 52 por año (1 interrupción semanal)	6
Más de 52 por año (Más de 1 interrupción semana)	12

Se utiliza el tiempo promedio entre fallas, es decir, número de fallas representadas en eventos por año.

Además se pueden presentar otro tipo de daños o impactos que serán categorizados según lo indica la tabla de impactos. Debido a la orientación del proyecto se tendrán en cuenta tiempo promedio para reparar (TPPR) dentro de los impactos de producción (IP).

Los criterios puntuales a tener en cuenta serán los siguientes:

- Frecuencia de falla.
- Tiempo promedio para reparar.
- Impacto en seguridad.
- Impacto ambiental.

**Tabla 12. Tabla de puntajes para criterios.**

1. Tiempo Promedio en Reparar		Puntaje
Menos de 4 horas		1
Entre 4 y 8 horas		2
Entre 8 y 24 horas		4
Más de 24 horas		6
2. Costo de Reparación		Puntaje
Ninguno		0
Entre 0 - 1 000 000 COP		5
Entre 1 000 000 - 5 000 000 COP		10
Más de 5 000 000 COP		25
3. Impacto en la Seguridad		Puntaje
Si		35
No		0
4. Impacto Ambiental		Puntaje
Si		30
No		0
5. Impacto Operacional		Puntaje
No genera ningún efecto significativo sobre los subsistemas		1
Impacta en niveles de calidad		4
Parada del sistema y repercusión en los subsistemas		7
Perdida de todo el sistema		10

Los parámetros de falla se obtienen tomando como base el libro *“metodología de análisis de criticidad”*<sup>8</sup>, el artículo *“análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterio de riesgo y confiabilidad.”* [39]Y las visitas realizadas por parte de la empresa EME INGENIERIA S.A (Anexo C).

<sup>8</sup> PEMEX, «Metodología análisis de criticidad (AC).» [En línea]. Available: [http://aprendizajevirtual.pemex.com/nuevo/guias\\_pdf/guia\\_sco\\_analisis\\_criticidad.pdf](http://aprendizajevirtual.pemex.com/nuevo/guias_pdf/guia_sco_analisis_criticidad.pdf)

## 6.2 CÁLCULO DEL NIVEL DE CRITICIDAD

El nivel de criticidad se calcula multiplicando la categoría de la frecuencia de la falla por el impacto total, donde el impacto total es la suma del impacto ambiental, del impacto en seguridad y del tiempo promedio en reparar.

La ecuación base para el cálculo de criticidad en esta metodología es la siguiente:

$$\text{CRITICIDAD} = \text{Frecuencia de Fallas} \times [(\text{Nivel de Producción} \times \% \text{ Impacto} \times \text{TPPR}) + \text{Costo Rep.} + \text{Imp. Seg.} + \text{Imp. Amb.}]$$

Para hacer un buen uso, ordenado y sistemático de la información se realizarán los análisis de los componentes en un formulario donde se encuentren en columnas las frecuencias de falla, impactos operacionales, tiempo promedio para reparar (TPPR), impacto de seguridad, e impacto ambiental.

En la última columna aparecerá el valor de criticidad, que se basa en la fórmula anteriormente mencionada. Se presenta a continuación, en el siguiente ejemplo, el análisis de criticidad de la selectora del sistema, los demás análisis se mostraran en el Anexo E.

**Tabla 13. Análisis de criticidad de selectores.**

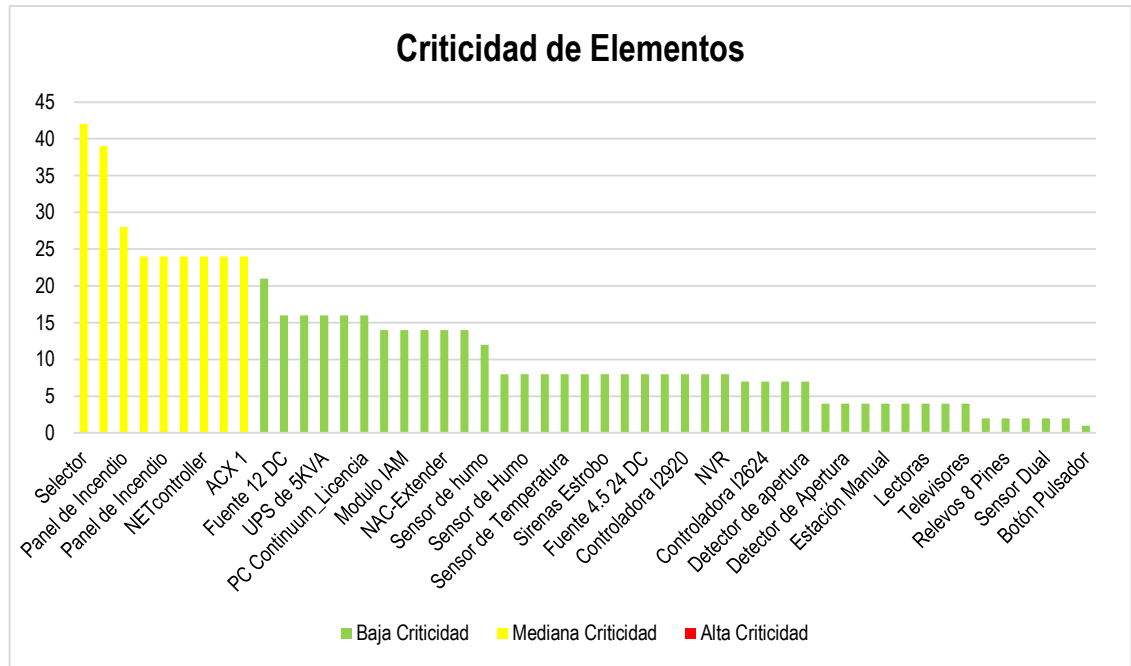
NRO	FACTORES DE CRITICIDAD	PESO	SELECCIÓN (SI/NO)	PUNTAJE
1	<b>Frecuencia de Falla</b>			
1.1	1 por año	1	si	1
1.2	Entre 1 y 12 por año (1 interrupción mensual)	3		
1.3	Entre 13 y 26 por año (1 interrupción cada 2 semanas)	4		
1.4	Entre 27 y 52 por año (1 interrupción semanal)	6		
1.5	Más de 52 por año (Mas de 1 interrupción semana)	12		
2	<b>Tiempo Promedio para Reparar</b>			
2.1	Menos de 4 horas	1	si	1
2.2	Entre 4 y 8 horas	2		
2.3	Entre 8 y 24 horas	4		
2.4	Más de 24 horas	6		
3	<b>Costo de Reparación</b>			
3.1	Ninguno	0	si	0
3.2	Entre 0 - 1 000 000 COP	5		
3.3	Entre 1 000 000 - 5 000 000 COP	10		
3.4	Más de 5 000 000 COP	25		
4	<b>Impacto en Seguridad</b>			
4.1	Si	35		
4.2	No	0	si	0
5	<b>Impacto Ambiental</b>			
5.1	Si	35		
5.2	No	0		
6	<b>Impacto Operacional</b>			
6.1	No genera ningún efecto significativo sobre los subsistemas	1		
6.2	Impacta en niveles de calidad	4	si	4
6.3	Parada del sistema y repercusión en los subsistemas	7		
6.4	perdida de todo el sistema	10		
	<b>TOTAL</b>			4

Obtenidos los valores de criticidad de cada uno de los equipos que han sido estimados conforme a la escala de puntuación descrita anteriormente, y teniendo en cuenta la frecuencia de falla y las consecuencias, se procedió a introducir los resultados en la matriz de criticidad, la cual define el nivel de criticidad según la región en la que se encuentre, y por medio de esta se puede estimar cualitativamente el riesgo asociado a cada escenario considerado.

### **6.3 RESULTADOS OBTENIDOS**

El análisis de criticidad anteriormente desarrollado dio como resultado que el sistema no posee equipos en un nivel de alta criticidad, pero una cantidad considerable se encuentra en un nivel medio de criticidad la cual servirá para generar tareas de mantenimiento específicas a estos equipos con periodos cortos. Estos resultados se deben a que estos equipos condicionan la seguridad y el funcionamiento eficiente del sistema del edificio de la E3T. La información recolectada se hizo basándose a las fichas presentadas por parte de la empresa EME INGENIERIA S.A, mostrada en el Anexo C y las visitas realizadas por parte de los estudiantes, como se muestra en el Anexo F.

**Figura 55. Criticidad de elementos.**



## 7. CONDICIONES CONTRACTUALES Y POSVENTA

La postventa son todos los esfuerzos realizados después de la venta, con el objetivo de mantener a un cliente completamente satisfecho con los servicios adquiridos, de manera que el cliente sienta seguridad y determinación al momento de adquirir un producto o servicio posterior a los adquiridos. La filosofía de postventa centra sus objetivos en la satisfacción del cliente. *“El valor agregado de un producto” se expone a través de una serie de servicios, con el propósito de proponer a los usuarios la calidad, la confiabilidad y el respaldo de una marca líder.*

Incluye servicios de cualquier tipo de soporte, necesarios para el apoyo al cliente en el uso de las adquisiciones, es decir que incluye soporte técnico, aplicación de garantía, cursos y manejos de quejas. Esta asistencia enriquece el proceso de calidad y garantía permitiendo conocer la opinión de los clientes, identificar posibilidades de mejorar y evaluar los productos y procesos, garantizando la retroalimentación.

Dentro de los servicios de postventa se encuentran:

Servicios técnicos a los productos:

- **Instalación:** Operaciones que debe realizar el cliente para poner el producto en funcionamiento.
- **Mantenimiento:** Actividades de mantenimiento para restablecer el producto en alguna de sus características y mantener otras.

- **Reparaciones:** El proveedor reparará los productos debiendo pagar o no el cliente por este servicio dependiendo de las condiciones y plazos de la garantía.

Servicios a los clientes:

- **Adiestramiento para el uso:** Sistema de comunicación con el cliente mediante el cual se forma y orienta al interesado para que obtenga el mayor provecho del servicio de atención al consumidor.
- **Manejo de Quejas:** Demuestra un “defecto” en el producto o servicio que afecta la satisfacción del cliente y para mantener el satisfecho al consumidor hay que resolverlas.

## **7.1 EXIGENCIAS ESTABLECIDAS AL CONTRATISTA POR PARTE DE LA UNIVERSIDAD**

La Universidad Industrial de Santander estableció mediante un plano licitatorio términos y condiciones que actualmente cumple el contratista al aceptar su participación en dicho escenario, estas se exponen en la licitación pública N° 13 en el año 2012 con el nombre “**SUMINISTRO, MONTAJE Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN DEL EDIFICIO DE INGENIERÍAS ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**” en el campus principal de la Universidad. En el contenido se expone, en el capítulo 3.12 la garantía mínima exigida la cual propone, a partir del acta de entrega del sistema funcionando a satisfacción por parte de la Universidad, garantía con vigencia mínima de dos (2) años a los equipos, instalación y puesta en funcionamiento del sistema de automatización, adicionalmente la garantía mínima ofrecida incluye: repuestos, costos de honorarios, viáticos y desplazamiento del personal técnico para la revisión en sitio [40].

El mismo documento expone en el capítulo 3.12 el soporte técnico, mantenimiento correctivo y preventivo la cual propone, a partir del acta de entrega del sistema funcionando a satisfacción por parte de la Universidad, mantendrá un (1) Ingeniero por un tiempo de dos (2) meses como soporte técnico para reconfiguraciones y/o ajustes del sistema instalado. Igualmente debe acreditar que durante el período de garantía (2) dos años realizará como mínimo seis (6) visitas de mantenimiento preventivo por año, es decir, visitas bimestrales, las cuales deben incluir como mínimo mano de obra, honorarios, desplazamiento del personal técnico y repuestos. En cada visita del mantenimiento preventivo se realizarán como mínimo las siguientes actividades [40]:

- Limpieza de cada elemento.
- Revisión de cada subsistema.
- Ajustes de cada subsistema.
- Reprogramación.
- Reportes de actividades.
- Pruebas de cada subsistema.
- Backup del software de integración.

Además se debe garantizar la atención por llamadas de emergencia y mano de obra para los soportes y servicios técnicos ofrecidos, en un tiempo máximo de respuesta de cuatro (4) horas y se deberá garantizar la disponibilidad de repuestos para el reemplazo de piezas dañadas por un periodo mínimo de (5) años a partir del vencimiento de la garantía.

En el capítulo 3.10 donde hace referencia a la experiencia específica del proponente, mencionan los subsistemas que componen el sistema de automatización, donde exigen tener acreditación al menos en tres de estos:

- Control de Iluminación.

- Control de aire acondicionado.
- CCTV
- Detección de incendios.
- Control de accesos y seguridad.

## 7.2 PROPONENTES

Las siguientes empresas concursaron por la licitación presentada por la Universidad Industrial de Santander [40]:

- E & P INGENIERIA LTDA
- EME INGENIERIA S. A.

## 7.3 CALIFICACIÓN DE EME

La empresa que ganó la licitación de la Universidad Industrial de Santander fue EME INGENIERÍA S.A. dónde se muestra por medio de la siguiente tabla las condiciones ofrecidas en el contrato, las cuales resumen 3 años de garantía adicional ofrecida y 3 años de mantenimiento preventivo adicional.

**Tabla 14. Condiciones ofrecidas por EME INGENIERÍA S.A [40].**

PROPONENTE	OFRECIMIENTO ADICIONALES	AÑOS ADICIONALES
EME INGENIERÍA S.A.	Garantía mínima adicional ofrecida.	3
	Mantenimiento preventivo adicional ofrecido.	3

EME Ingeniería S.A. es una de las empresas líderes en desarrollar proyectos de gran escala, dentro de lo cual se involucran diseños y construcciones de redes eléctricas, redes de telecomunicaciones y sistema de automatización, control y seguridad. La empresa cuenta con 30 años de experiencia y tiene cobertura nacional y el suficiente conocimiento e infraestructura para dar apoyo en obras y proyectos de:

- Automatización, Control y Seguridad.
- Ingeniería Eléctrica.
- Telecomunicaciones.
- Ingeniería Civil.
- Sistemas de Información.

Cuentan con un sistema de Gestión Integral mediante la certificación ISO 9001:2008, ISO 14001:2004 y OHSAS 18001:2007, por parte del Instituto Colombiano de Normas Técnicas ICONTEC y además son integradores de soluciones de reconocidas marcas como SWARCO, LEVITON, PELCO, 3COM, DHC, SAMSUNG, ORTRONICS, T.A.C., SCHNEIDER ELECTRIC, TYCO, FERMAX, SCHREDER, SIEMON, AMP, entre otras.

## 8. PLAN DE MANTENIMIENTO

Para la implementación del mantenimiento preventivo aplicado al edificio de la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander, se desarrollaron en conjunto técnicas de mantenimiento, que debidamente seleccionadas permiten el seguimiento y el correcto funcionamiento de cada uno de los equipos que conforman el sistema.

### 8.1 IMPLEMENTACIÓN DEL RCM PARA CADA UNO DE LOS SUBSISTEMAS DEL EDIFICIO DE LA E3T

**El Mantenimiento Centrado en Confiabilidad (RCM)** es una técnica que se centra en la optimización de los planes de mantenimiento, enfocado en las metas de costos, seguridad y medio ambiente de una compañía. La metodología del RCM parte de un análisis conocido como análisis de modos de fallas, efectos de falla, y criticidad (FMECA) Failure mode and effects and criticality analysis [39]. El cual recopila la siguiente información de forma ordenada.

1. Función
2. Fallo funcional
3. Modo de fallo
4. Medidas preventivas

Con la información recopilada y por medio de la norma SAE JA1011 la cual hace referencia a los criterios de evaluación para procesos de mantenimiento centrado en confiabilidad, se procede a responder una serie de preguntas que plantean un análisis correcto de la metodología RCM [41].

**8.1.1 Determinación de las funciones del equipo.** ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?

Partiendo de un estudio detallado de cada una de las funciones que realizan los diferentes subsistemas se procede a numerar cada una de las funciones de los equipos que conforman los subsistemas en su contexto operacional y la prioridad del equipo dentro del sistema productivo.

Las funciones fueron planteadas partiendo de las funciones del sistema, pasando por las funciones de cada subsistema hasta llegar a las funciones de cada equipo en el sistema, buscando que los modos y efectos de fallas siguieran un orden aleatorio para así poder realizar un análisis más práctico.

**Figura 56. Ejemplo de funciones.**

Componentes/Elementos			Funciones de Especificaciones
Sistema de Automatización.	Subsistema de CCTV.	Mini domo.	Control y monitoreo de video. Permite grabar, administrar configurar y visualizar múltiples pistas en directo por medio de red IP
		Videograbadora.	Graba video de cámara de seguridad.
		Monitor LCD.	Visualizar las cámaras instaladas en el edificio de E3T.

**8.1.2 Determinación de los fallos funcionales.** ¿Cuáles son los estados de falla (fallas funcionales) asociados con estas funciones?

Una vez formuladas las funciones realizadas por cada uno de los equipos analizados, se procede a la determinación de los fallos funcionales y fallos técnicos que se presentan a partir de la función analizada. A continuación se muestra un ejemplo de cómo se enlistaron los fallos funcionales de una de las funciones de un equipo.

**Figura 57. Ejemplo de fallos funcionales.**

Componentes/Elementos		Funciones de Especificaciones	Posibles Fallos	
Sistema de Automatización.	Subsistema de CCTV	Mini domo  Control y monitoreo de video. Permite grabar, administrar configurar y visualizar múltiples pistas en directo por medio de red IP	No permite grabar video.	
			Lente desenfocado.	
			El equipo no envía las imágenes de video a la videgrabadora.	
		Videograbadora	Graba video de cámara de seguridad.	El equipo no está conectado a la red eléctrica.
				El equipo se encuentra desprogramado.
				Los equipos administrados se encuentran desconectados a la red de la videograbadora.
Monitor LCD	Visualizar las cámaras instaladas en el edificio de E3T.	Equipo no energizado.		
		Imagen del equipo con problemas.		

### 8.1.3 Determinación de modo de fallo.

#### ¿Qué ocasiona cada fallo funcional?

A partir de las fallas funcionales que se han recopilado tomando como base las funciones de cada elemento perteneciente a los subsistemas de los sistemas de automatización y componentes sostenibles se procede a la determinación de los modos de fallo, que responden a las causas de cada uno de los fallos encontrados, estos pueden ser uno o varios.

**Figura 58. Ejemplo de modo de fallos.**

Posibles Fallos	Modos de Fallos
No detecta agua o cualquier líquido no inflamable.	Sensor averiado.
	Presenta suciedad o polvo.
No generar alarmas.	Mala conexión.
	Problemas de Cableado.
No permite restablecer condiciones normales.	Presenta suciedad o polvo.
	Problemas internos.

### 8.1.4 Determinación de medidas preventivas

#### ¿Cómo prevenir los modos de fallo?

Partiendo de los modos que se han recopilado tomando como base los modos de fallo de las funciones de cada elemento perteneciente a los subsistemas de los sistemas de automatización y componentes sostenibles, se proceden a identificar las medidas que se deben tomar, de manera frecuente, para evitar los modos de fallo.

**Figura 59. Ejemplo de medidas preventivas.**

<b>Modos de Fallos</b>	<b>Medidas Preventivas</b>
Obstrucción o suciedad en el lente.	Limpiar la cámara y el housing.
Mala instalación o ubicación.	Verificar que el enfoque del lente y el iris estén libres de polvo por dentro y por fuera.
	Verificar que la cámara está ajustada y bien posicionada.
Control y monitoreo de imágenes des configurado.	Verificar que las cámaras funcionan correctamente con el controlador o software.

### 8.1.5 Determinación de frecuencias de medidas preventivas

#### ¿Con qué frecuencia aplicar cada medida preventiva?

Las medidas preventivas que se han recopilado tomando como base los modos de fallo de las funciones de cada elemento perteneciente a los subsistemas de los sistemas de automatización y componentes sostenibles deben realizarse de manera frecuente, la frecuencia se determina a partir de la experiencia de los técnicos de mantenimiento de EME INGENIERÍAS S.A., de la utilización de los elementos y de su exposición física con los exteriores.

**Figura 60. Ejemplo de frecuencias.**

<b>Medidas Preventivas</b>	<b>Frecuencia</b>
Realizar limpieza.	Semestral.
Probar detectores.	Anual.
Probar sensibilidad y asegurar que se encuentran en el rango sugerido.	5 años.

## **8.2 RESULTADOS**

En el Anexo E se muestran los resultados obtenidos a partir del análisis de la metodología del mantenimiento centrado en confiabilidad (RCM), donde se presentan todos los elementos organizados por subsistemas y estos últimos por sistemas, sistema de automatización y sistema de componente sostenibles, se presentan las funciones de cada elemento, al igual que se muestran los posibles fallos de las funciones, los modos de fallos, las medidas preventivas y la periodicidad o frecuencia con la que se deben realizar las tareas de prevención. El manual de mantenimiento preventivo se muestra en el Anexo B. el cronograma de mantenimiento se muestra a continuación.

Figura 61. Cronograma de actividades

CRONOGRAMA DE TAREAS																																																												
Tareas	Mes 1				Mes 2				Mes 3				Mes 4				Mes 5				Mes 6				Mes 7				Mes 8				Mes 9				Mes 10				Mes 11				Mes 12															
	Semana				Semana				Semana				Semana				Semana				Semana				Semana				Semana				Semana				Semana				Semana																			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4												
Incendio pruebas bimestral	█																█																																											
Incendio pruebas semestrales																																																												
Incendio pruebas anuales																																																												
Incendio pruebas cada cinco años																																																												
CCTV Pruebas bimestrales	█																																																											
CCTV Pruebas semestrales																																																												
Control de accesos pruebas bimestral	█																																																											
Control de accesos pruebas semestrales																																																												
Cableado pruebas bimestral	█																																																											
Cableado pruebas semestrales																																																												
Aire acondicionados prueba semestral																																																												

## **9. SELECCIÓN DE HERRAMIENTA DE CÓMPUTO**

El objetivo principal de utilizar una herramienta computarizada es ayudar a administrar y controlar la gestión de mantenimiento, manteniendo documentada y organizada toda la información del área de mantenimiento.

### **9.1 BENEFICIOS DE IMPLEMENTAR UNA HERRAMIENTA COMPUTARIZADA EN UN PLAN DE MANTENIMIENTO.**

La implementación de una herramienta de cómputo acarrea una serie de beneficios que serán fácilmente medibles, justificando el propósito de seleccionar e implementar una herramienta de cómputo para la gestión del mantenimiento del edificio de la Escuela de Ingenierías Eléctrica Electrónica y de Telecomunicaciones. La versatilidad de los recursos de la herramienta de cómputo permite obtener los siguientes beneficios.

- Optimización de la disponibilidad de los equipos para mantenerlos en su estado productivo.
- Confiabilidad y uniformidad en la operación del sistema.
- Reducción de los costos de mantenimiento.
- Mejor control del trabajo de mantenimiento.
- Mejor control en la planificación y programación de los trabajos realizados por el personal encargado del mantenimiento.
- Análisis y control de la información para determinar las causas de los fallos.
- Asignación y programación automática de las tareas a realizar por el personal.
- Optimización de los recursos humanos.

- Incremento de la vida útil de los equipos.
- Mayor recopilación de información y obtención de bases de datos históricas.

## **9.2 CRITERIOS DE SELECCIÓN DE SOFTWARE DE MANTENIMIENTO**

El propósito de escoger la herramienta que mejor se adapte al edificio de la Escuela de Ingenierías Eléctrica Electrónica y de Telecomunicaciones, debe poseer un diseño que cumpla los requerimientos del plan de mantenimiento del edificio, con el fin de obtener un sistema de información coherente y fácil de analizar para que la toma de decisiones convenientes en el momento adecuado, permitan cumplir con los objetivos y las políticas del plan de mantenimiento. Los aspectos o criterios están enfocados en mejorar la administración del plan de mantenimiento preventivo. A continuación se enumeran los criterios utilizados en este trabajo.

- Compatibilidad con los recursos de cada uno de los subsistemas y sistemas del edificio.
- Nivel de organización.
- Interfaces con otros sistemas (costos, personal, etc.)
- Costo de adquisición del software.
- Fiabilidad del mantenimiento del paquete.
- Documentación del paquete.
- Costo de implantación.
- Idioma del de interacción del software.

### **9.3 PRESENTACIÓN COMERCIAL DE LOS SOFTWARE**

Se realizó una investigación comercial de una serie de softwares de mantenimiento. Basándose en los criterios que mejor se adaptan al plan de mantenimiento como apoyo en el seguimiento de las actividades, se enumeran los softwares más relevantes encontrados en la investigación.

### **9.4 EL MP2**

Es un software profesional para control y administración del mantenimiento o CMMS de sus siglas en inglés Computerized Maintenance Managment System.

Este software posee una estructura cliente/servidor disponibles en dos versiones Access y Enterprise. El mp2 es un software fácil y práctico de implementar, cuenta con una interface gráfica diseñada con Delphi, su versatilidad permite implantarla en los sistemas operativos Microsoft Windows, las bases de datos se encuentran disponibles para Access Oracle y SQL server.

El mp2 tiene la capacidad de organizar y registra el inventario, por medio de su base de datos registra el historial del equipo, además, administra los costos de los diferentes equipos, genera órdenes, compra de repuestos, programa tareas de mantenimiento preventivo, proyecta fallas de los equipos, ayuda a investigar el tiempo de parada de los equipos, produce informes completos a nivel de planta, genera solicitudes de trabajo y adjudica recursos.

El mp2 posee una interfaz que cuenta con los siguientes módulos que se describen a continuación:

- Equipos.
- Ordenes de trabajo.
- Tareas preventivas.
- Inventario.
- Compras.
- Mantenimiento estadístico predecible.
- Presupuesto.
- Administración de activos.
- Reportes y análisis.

**9.4.1 Datastream 7i.** Datastream 7i es una aplicación de software CMMS de sus siglas en inglés Computerized Maintenance Management System. Es un sistema de gestión de activos con arquitectura 100% web (Full Web-enable). Donde los usuarios pueden acceder a Datastream 7i por medio de la web desde cualquier lugar y a cualquier instante. El diseño de la base de datos está disponible en Oracle y SQL Server.

Datastream 7i presenta un diseño modular que le proporciona a las empresas las herramientas que necesitan para administrar las operaciones y optimizar el rendimiento de los activos. Cabe resaltar que Datastream 7i ha sido implementado en varias industrias: petroquímica, comunicaciones transporte y servicios. A continuación se presentan algunas de sus características:

- Seguimiento en tiempo real de activos móviles y repuestos rotativos por medio de código de barras.
- Capacidad de auditorías.

- Monitoreo del uso.
- Indicadores claves de gestión (KPIs).
- Inbox y tablero de comando.
- Messenger.
- Mantenimiento preventivo flexible (PM).
- Interface con Microsoft Project.
- Multi organizacional.
- Interfaces para las Aplicaciones (APIs).
- Gestión jerárquica de activos.
- Servicios de gestión de activos.
- Garantías y reclamos de garantías.

Datastream 7i incluye una serie de módulos únicos diseñados para simplificar la gestión de activos, ofreciéndoles a las empresas las herramientas necesarias para la gestión del ciclo de vida de los activos donde los principales módulos son los siguientes:

- Activos.
- Gestión de trabajo.
- Gestión de presupuesto.
- Gestión de inspección.
- Gestión de materiales.
- Gestión de proyectos.
- Gestión de compras.
- Gestión de reportes.

**9.4.2 MPX Mantec.** MPX Mantec es un software 100% para el usuario, diseñado en módulos, y cuenta con arquitectura cliente/servidor, posee una plataforma basada en los sistemas operativos Microsoft, plataformas de bases de datos Oracle, SQL, Server, Informix, Access, DB2.Mpx Mantec. Es un software orientado al planteamiento y administración del mantenimiento de los equipos de cualquier tipo de empresa.

El MPX mantec es un sistema informático versátil donde las principales características de esta herramienta son, su facilidad de operación, flexibilidad para adaptarse a las reglas de la empresa, administración integral del mantenimiento y suministro, integración con herramientas office, multi-idioma, multi-moneda.

Además mantec cuenta con una serie de módulos como:

- Gestión de activos.
- Gestión de trabajo.
- Gestión de inventario.
- Gestión de presupuesto.
- Gestión de compras.
- Gestión de lubricación.
- Gestión de costos.
- Gestión de calibración.
- Administración de proyectos.
- Módulo de programación.
- Módulo TPM.
- Gestión de gráficos y reportes.
- Administración de herramientas.

**9.4.3 RENOVEGEM (Renovegem Standard Edition).** RENOVEGEM, es un software de descarga gratuita (versión 3.0) desarrollado por RENOVETEC. Renovegem Standard Edition 3.0 es un software que permite al usuario realizar la gestión de mantenimiento a pequeñas y medianas empresas como edificios singulares, plantas industriales, y centrales eléctricas.

Es un software práctico intuitivo y fácil de administrar, ya que ha sido diseñado según la metodología de diseño de planes de mantenimiento, orientado específicamente al mantenimiento a sistemas más no específicamente a los equipos como tal.

RENOVEGEM es un software de gestión del mantenimiento asistido por ordenador (GMAO), que cuenta con más de 5000 descargas gratuita además de ser un software muy completo cuenta con las funciones más comunes de un programa (GMAO) como son.

- Gestión de activos, con su árbol jerárquico.
- Gestión de personal.
- Gestión del mantenimiento programado y de las gamas de mantenimiento.

Incluye la creación automática del plan de mantenimiento programado.

- Control de la programación de mantenimiento
- Gestión de órdenes de trabajo
- Gestión de repuestos.
- Gestión de los descargos y de la seguridad al realizar órdenes de trabajo.
- Gestión económica del mantenimiento: costes de órdenes de trabajo, costes de un periodo, compras, etc.
- Determinación de los indicadores más usuales en mantenimiento.

Cabe resaltar que la versión gratuita del software RENOVEGEM STANDART EDITION 3.0 no tiene disponibles algunos de sus módulos como los son:

- Módulo de descargos.
- Módulo de mantenimiento predictivo.
- Módulo de mantenimiento legal.
- Módulo de auditorías.

#### 9.4.4 Programación en Excel<sup>9</sup>

**Microsoft Excel** es una aplicación distribuida por Microsoft Office que permite crear tablas, calcular y analizar datos, es decir, es un software de hoja de cálculo. Este programa es desarrollado y distribuido por Microsoft, y es utilizado normalmente en tareas financieras y contables. Excel permite crear tablas que calculan de forma automática los totales de los valores numéricos que especifica, imprimir tablas con diseños cuidados, y crear gráficos simples [42].

Excel forma parte de “Office”, un conjunto de productos que combina varios tipos de software para crear documentos, hojas de cálculo y presentaciones, y para administrar el correo electrónico.

Dentro de las herramientas o funciones que proporciona **Microsoft Excel** se encuentran los **macros de Excel**, que permite automatizar tareas de trabajos y actividades cotidianas de manera que la eficiencia pueda aumentar. Una macro es una serie de comandos o instrucciones que permanecen almacenados dentro de Excel y que se ejecutan cuando sea necesario, estos siempre tienen disponibilidad.

---

<sup>9</sup> U. P. D. VALENCIA, «Manual básico para empezar a trabajar con macros de Visual Basic para Excel,» [En línea]. Available: <http://personales.upv.es/jpgarcia/LinkedDocuments/macrosVisualBasicParaExcel.pdf>.

Las **macros** se escriben en un lenguaje de computadora especial que es conocido como Visual Basic for Applications (VBA). Este lenguaje permite acceder a prácticamente todas las funcionalidades de Excel y con ello también ampliar la funcionalidad del programa.

Visual Basic for Applications es una composición de un entorno de programación integrado llamado **Editor de Visual Basic** y del lenguaje de programación Visual Basic, permitiendo diseñar y desarrollar con facilidad programas en Visual Basic. El término “for Applications” se refiere al hecho de que el lenguaje de programación y las herramientas de desarrollo están integrados con las aplicaciones de **Microsoft office**.

## 9.5 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

La siguiente tabla muestra la evaluación de alternativas, donde se encuentran la evaluación según los conceptos mencionados anteriormente.

**Tabla 15. Tabla de evaluación de alternativas.**

Peso	Conceptos	Software				
		Mp2	Datastream 7i	Mpx	Renovegem	Excel
10%	Compatibilidad con los recursos de cada uno de los subsistemas y sistemas del edificio.	√	√	√	√	√
10%	Lista de proveedores.	√	√	√	√	√
10%	Fichas técnicas.	√	√	√	√	√
10%	Información de los equipos.	√	√	√	√	√
10%	Historial de eventos.	√	√	√	√	√
10%	Calendario con festivos de Colombia.	√	√	x	√	√
30%	Software gratuito/código libre.	x	x	x	x	√
10%	Idioma español de interacción del software.	√	x	√	√	√
<b>100%</b>	<b>Puntaje Total</b>	<b>70%</b>	<b>60%</b>	<b>60%</b>	<b>70%</b>	<b>100%</b>

La alternativa que mejor se ajusta a las necesidades de mantenimiento preventivo requeridas en los sistemas de automatización, seguridad y componentes sostenibles del edificio de la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander es la herramienta Excel, por lo cual se procede al diseño de una interfaz mediante la aplicación de macros para Visual Basic en el entorno de Excel, la interfaz se diseña bajo el nombre de E3T Mant, haciendo referencia al mantenimiento en el edificio E3T.

## 10. E3TMANT

El E3TMANT es la herramienta de mantenimiento diseñada para satisfacer las necesidades de mantenimiento requeridos por los sistema de automatización, seguridad y componentes sostenibles en el edificio de la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander.

Cuenta con una interfaz amigable para el usuario facilitando la gestión y el seguimiento del mantenimiento predictivo, y posee las siguientes características:

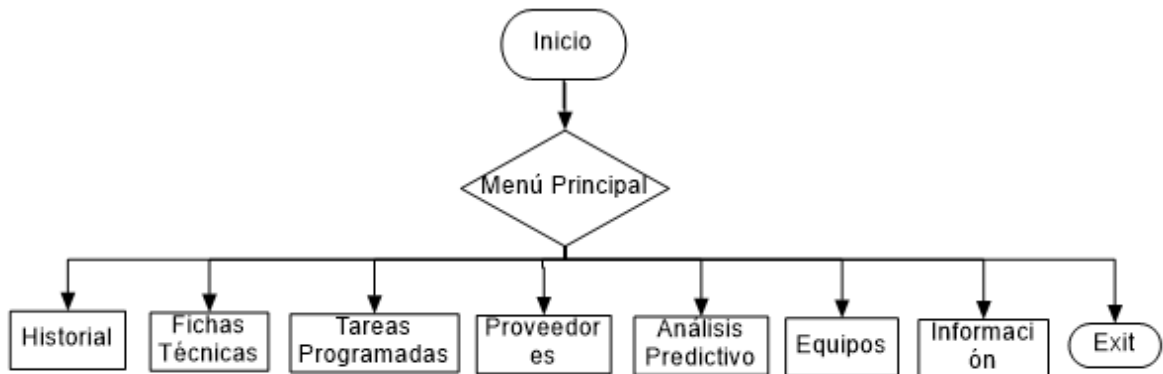
- Se encuentra desarrollado en excel, lo cual ayuda a la gestión con ayuda de las bases de datos.
- La herramienta no tiene costo alguno.
- Gestión de eventos realizados.
- Calendario amigable con fechas festivos, no laborales, incluyendo semana santa de todos los años.
- Gestión de Equipos.
- Control de fichas técnicas de los equipos.
- Incluye herramienta de analisis rapido y básico de mantenimiento preventivo.
- Lista de proveedores.

Cuenta con una interfaz de inicio la cual solo permite el acceso a la herramienta y las características principales de la herramienta si se tiene el conocimiento del usuario y su respectiva clave. Dentro del menú se puede acceder a las características principales de la herramienta de mantenimiento, contando con un botón de exit para salir de la aplicación y de botones para ingresar a los siguientes modulos:

- Historial.
- Fichas técnicas.
- Tareas programadas.
- Proveedores.
- Análisis predictivo.
- Equipos.
- Información.

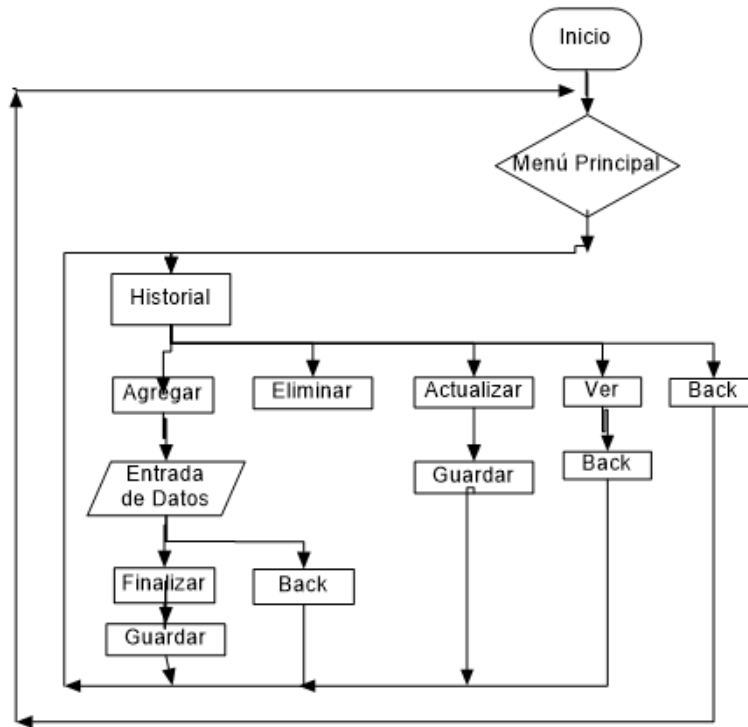
El diagrama de bloques de la herramienta se muestra por partes, con el fin de explicar cómo funciona cada módulo e ilustrar su diagrama de flujo.

**Figura 62. Diagrama de flujo de módulo de inicio, bosquejo de la herramienta.**



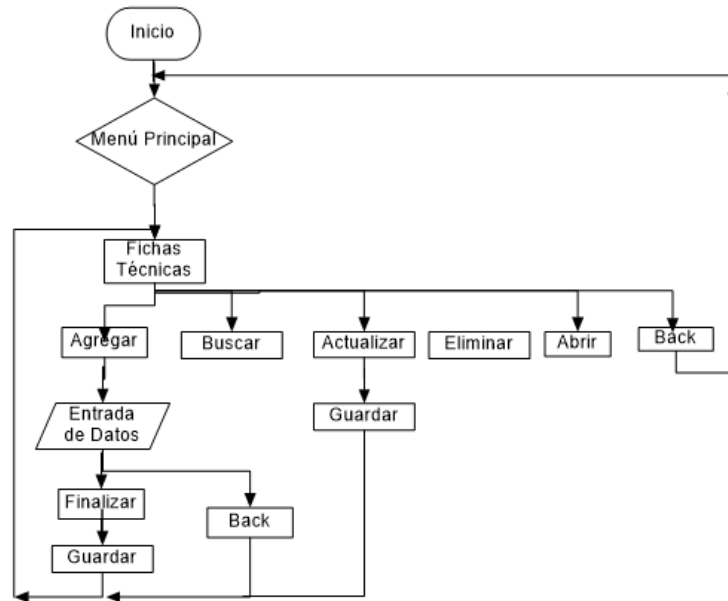
El módulo historial permite agregar eventos realizados a los sistemas de automatización, seguridad y componentes sostenibles. De igual manera permite visualizar los eventos, además ayuda a comprobar los mantenimientos realizados, los eventos realizados por fallas de los componentes, y si hay correcciones pendientes por realizar.

Figura 63. Diagrama de flujo de historial.



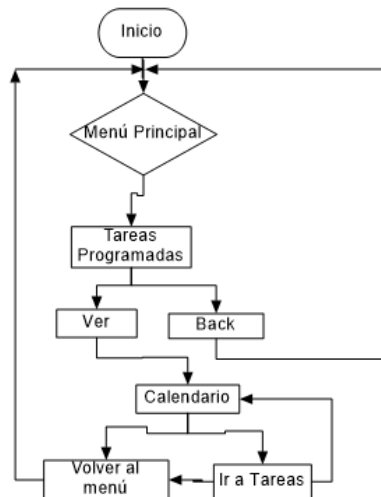
Dentro de las fichas técnicas se pueden apreciar los elementos que se encuentran dentro de cada subsistema, a su vez pueden mostrar las hojas de cálculo entregadas por los fabricantes. También cuenta con la opción de agregar nuevos componentes, de acuerdo a los cambios que se realicen en la Escuela.

**Figura 64. Diagrama de flujo de fichas técnicas.**



El módulo de tareas programadas remite al usuario a una hoja de excel donde se encuentra el calendario.

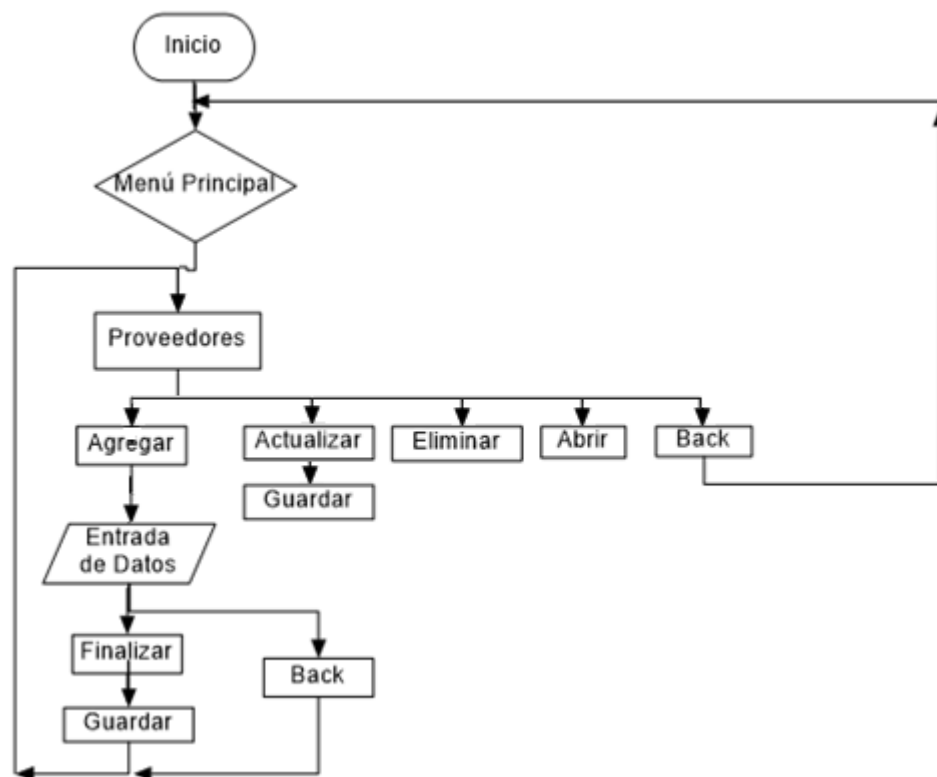
**Figura 65. Diagrama de flujo de tareas programadas.**



El calendario se modifica de acuerdo a la mes y el año, mostrando los eventos dentro de cada fecha y mostrando los días festivos en Colombia, ajustandose a las fechas festivas según se declara en **Ley 51 de 1983, el 6 de diciembre, “Por la cual se traslada el descanso remunerado de algunos días festivos”**. El calendario muestra las fechas de mantenimiento, asignando además una codificación de colores para distinguir el subsistemas. Las tareas a realizar se encuentra en el vínculo “Ir a Tareas”.

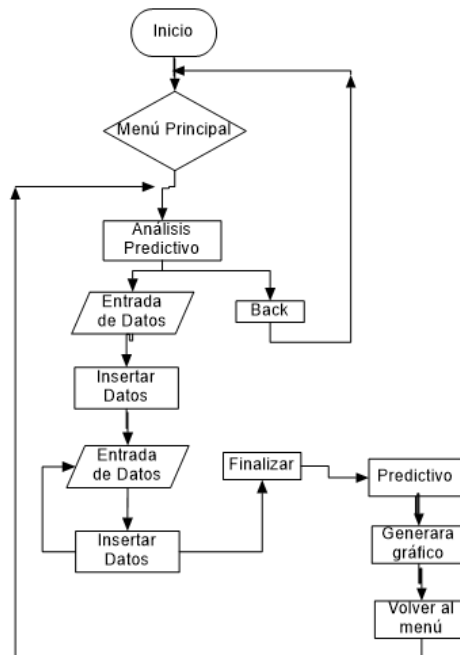
Dentro de la lista de proveedores se puede controlar una lista de proveedores, permitiendo añadir o eliminar proveedores a la lista. La información básica de los proveedores se visualiza en un listado.

**Figura 66. Diagrama de flujo de lista de proveedores.**



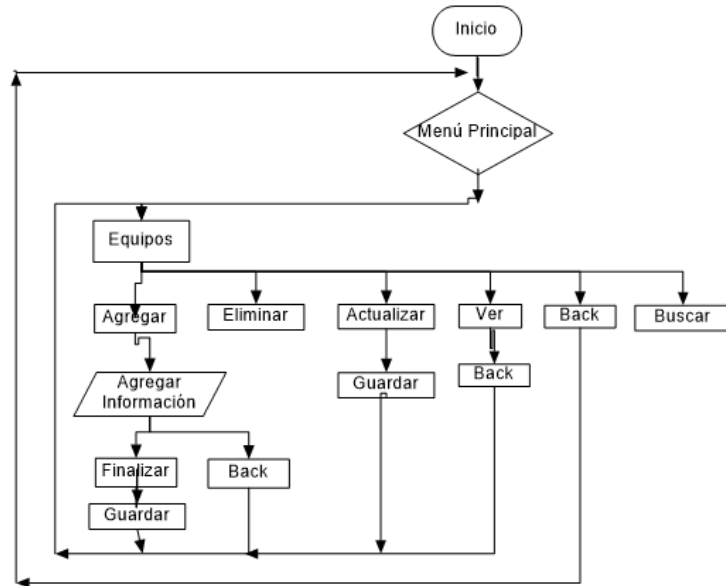
El módulo análisis predictivo permite agregar una serie de datos para el elemento a analizar, esto incluye que se debe agregar la información correspondiente al fallo crítico, al fallo potencial y al fallo funcional.

**Figura 67. Diagrama de flujo de análisis predictivo.**



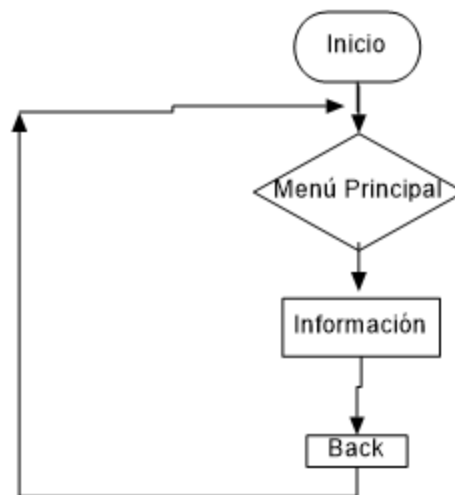
Basandose en los datos, poder generar una gráfica, mostrando el comportamiento funcional del componente con respecto al tiempo, de esta manera se puede apreciar si el elemento se encuentra dentro del fallo crítico, fallo potencial o dentro del fallo funcional.

**Figura 68. Diagrama de flujo de equipos.**



Cuenta con un módulo de Equipos donde se puede agregar la información de cada elemento perteneciente a cada subsistema, con el fin de mantener el control de su ubicación exacta, los procedimientos a realizar y su personal encargado.

**Figura 69. Diagrama de flujo de información.**

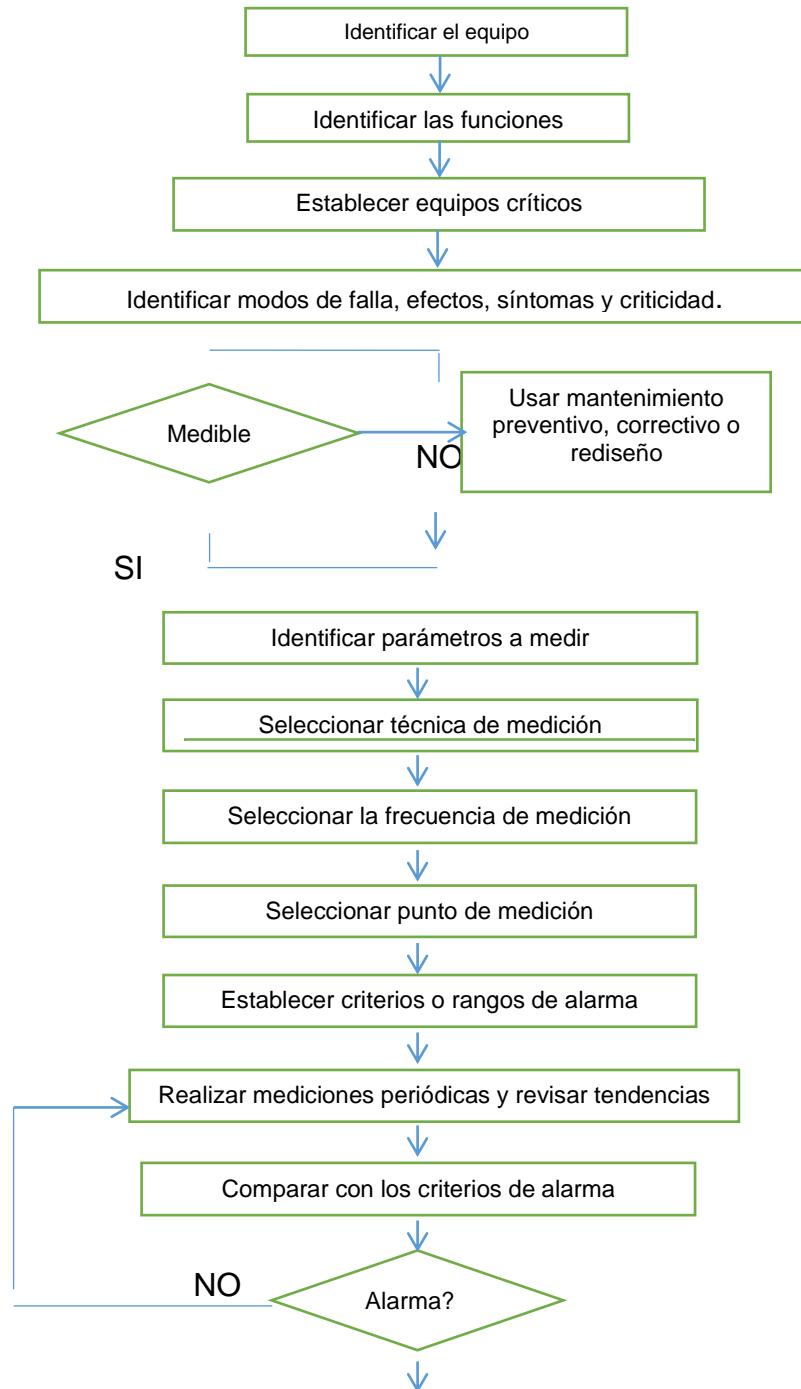


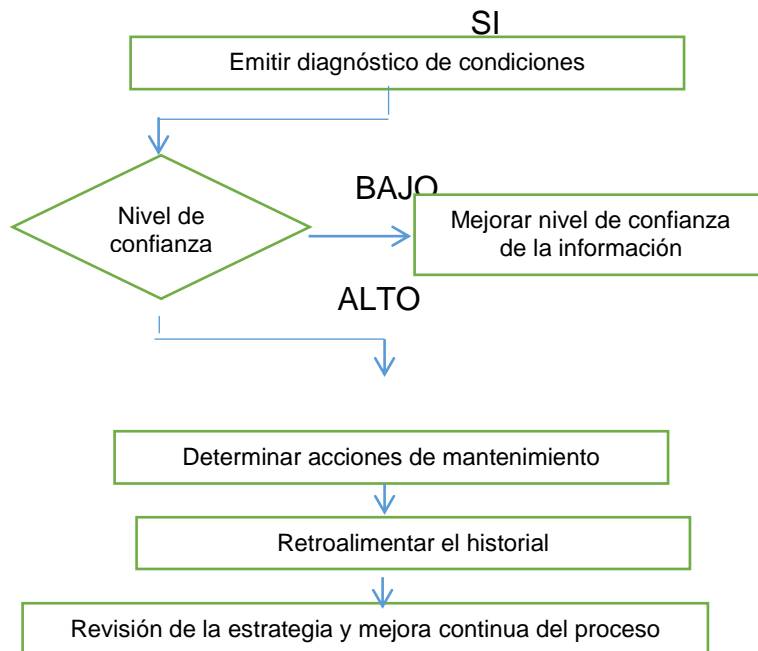
## **11. MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

Para la implementación del plan de mantenimiento predictivo se cuenta con una serie de etapas, las cuales se resumen y siguen una ruta como se ilustra en el diagrama de flujo, el cual nos muestra un proceso eficiente y adaptable para el plan de mantenimiento del edificio de la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones.

## 11.1 Diagrama de flujo del mantenimiento predictivo

Figura 70. Diagrama de flujo del plan de mantenimiento predictivo.





## 11.2 CONDICIONES MÍNIMAS PARA ASEGURAR LA IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DE MANTENIMIENTO PREDICTIVO.

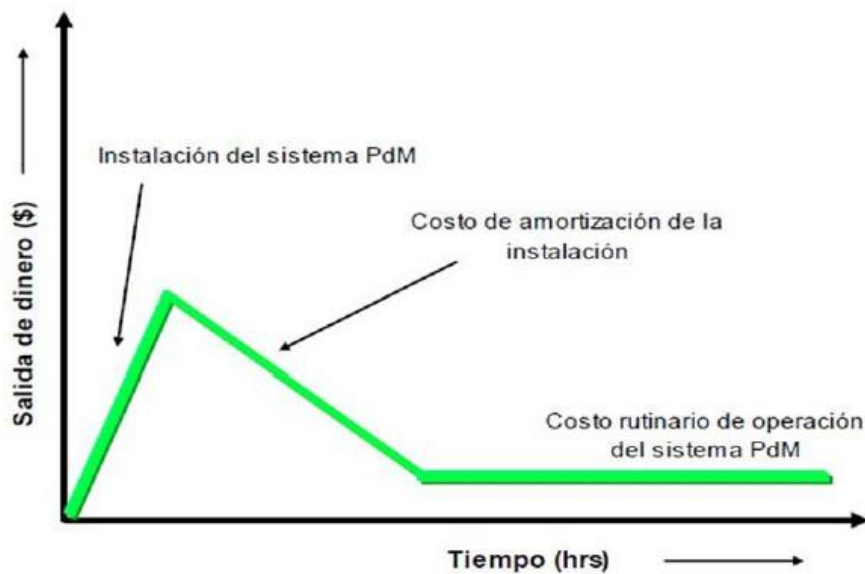
Antes de iniciar el largo trabajo de implementación del mantenimiento predictivo se debe contar con ciertas condiciones que deben estar muy claras tanto en la organización, los trabajadores y la operación en general.

### **Inversión**

Se debe contar con un estudio que relacione las variables costo-beneficio, debido a que implementar el mantenimiento predictivo es costoso a corto plazo como se puede apreciar en la Figura 71. Se observa que al inicio el costo de establecer el mantenimiento predictivo es alto por todo lo que tiene que ver con la instalación de equipos de monitoreo y sus respectivas técnicas. Rápidamente salta al punto de amortización de la inversión hasta que llega al costo de operación continua donde su valor se vuelve constante, ya que es contrarrestado con los ahorros tanto en el

capital invertido como en los gastos de funcionamiento del activo. Por tal razón es necesario que el grupo encargado de tomar las decisiones financieras sobre los activos de la organización se encuentren seguros del salto que se va a dar. Ya que se tienen antecedentes en los que el personal decide iniciar el proceso y al momento de pagar la inversión se trunca por los altos costos.

**Figura 71. Costos de instalación y operación [43].**



### **11.3 PERSPECTIVA CULTURAL Y HABILIDADES DEL PERSONAL DE MANTENIMIENTO**

El personal involucrado en el proceso de implementación del mantenimiento predictivo debe estar plenamente capacitado y conocer detalladamente el proceso, se deben evaluar las habilidades y competencias para garantizar el desarrollo del proceso.

La implementación trae tecnología que puede afectar la distribución de cargos en la compañía, se debe tener un trato especial por parte del gerente de mantenimiento el cual debe hacer gala de sus habilidades gerenciales para contratar personal o redistribuir el personal existente asignando nuevas responsabilidades.

#### **11.4 VISTA GENERAL DE IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO DEL MANTENIMIENTO PREDICTIVO**

Con el fin de llevar acabo el modelo de implementación del mantenimiento predictivo como se mencionó anteriormente, este proceso es guiado por las actividades descritas en el diagrama de flujo del mantenimiento predictivo basado en condición.

El alcance del proyecto en esta etapa está dirigido en generar una serie de criterios o pautas para la implementación del mantenimiento predictivo con el fin de ser aplicado a los equipos más críticos del edificio de la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones de la UIS.

Se expone a modo de ejemplo general el proceso para el desarrollo del mantenimiento. Este parte de la revisión de los equipos por medio de su respectivo inventario donde se deberá especificar las funciones de cada uno de los elementos.

Seguidamente se realiza la revisión de la criticidad y confiabilidad de los equipos donde se especificará los elementos más relevantes dentro del sistema, y se definirán los modos, efectos, y síntomas de los equipos los cuales deben ser

basados en datos de mantenimiento o del fabricante. Como se expuso en la parte de mantenimiento preventivo de este documento.

Una vez terminado se procede a seleccionar el mantenimiento adecuado a cada equipo respondiendo a la pregunta ¿Es medible? si alguno no es medible se tomará la decisión de usar un mantenimiento preventivo, correctivo o rediseño, de lo contrario se aplicará el mantenimiento predictivo donde se realiza la selección del método de medición y se identifican parámetros, para el caso del edificio E3T se tendrán algunos como temperatura, vibración, continuidad, etc. Además en conjunto se tomarán decisiones como frecuencia, puntos de medición y criterios de alarma.

La recolección de información y análisis dependerá de las alertas que estos generen con respecto a los criterios de alarma y se tendrán que emitir diagnósticos de condición.

Por último se determinarán acciones de mantenimiento, para así llevarlas a cabo y retroalimentar el histórico, además de realizar una revisión de las estrategias utilizadas.

## 12. CONCLUSIONES

- Se realizó un inventario general de los equipos, elementos y aparatos de los sistemas de automatización, seguridad física y componentes sostenibles del edificio de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander, desde el sótano hasta el quinto piso.
- A partir de la lista de los equipos de los sistemas de automatización, seguridad y componente sostenibles, se diseñó y elaboró un sistema de codificación, por medio de un método que ayuda a distinguir la ubicación por pisos de cada elemento y el sistema al que pertenece, para llevar así un control preciso del área y la administración del mantenimiento de los equipos dentro del edificio de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander.
- A partir de la recolección de información y el análisis de criticidad se logró jerarquizar los equipos de los sistemas de automatización, seguridad y componentes sostenibles del edificio de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander con la finalidad de reforzar las tareas de mantenimiento y tener una mayor respuesta ante una falla imprevista.
- Se logró seguir la metodología impuesta por el RCM para los equipos de los sistemas de automatización, seguridad y componentes sostenibles del edificio de la Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander. Por medio del cual se establecieron los modos y efectos de falla basándose en eventos de falla y fuentes técnicas. Se desarrolló el plan de mantenimiento y se crearon las respectivas rutinas de

mantenimiento para los equipos inventariados basándose siempre en la metodología RCM y las recomendaciones del fabricante.

- Se evaluaron las diferentes alternativas de software de mantenimiento para satisfacer las necesidades de mantenimiento preventivo y correctivo de los equipos, elementos y aparatos de los sistemas de automatización, seguridad física y componentes sostenibles del edificio de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander.
- Se elaboró un software de mantenimiento basándose en las necesidades de mantenimiento de los sistemas de automatización, seguridad y componentes sostenibles del edificio, mediante la programación de Macros para Visual Basic para Excel, la programación de este se encuentra en el Anexo G.
- Como se planteó a lo largo de este trabajo de grado, el mantenimiento predictivo puede llegar a ser sostenible en un largo periodo de tiempo por medio de cada uno de los fallos que este prevenga y los ahorros que este genere.
- Se logró formular una alternativa paso a paso de las pautas para la implementación del mantenimiento predictivo que sirva de criterio para la mejora de la trazabilidad del proceso, a partir del trabajo realizado en el diseño del plan de mantenimiento preventivo de este trabajo de grado.

### 13. RECOMENDACIONES

- Para obtener óptimos resultados en el plan de mantenimiento centrado en confiabilidad que se realizó a los equipos, elementos y aparatos de los sistemas de automatización, seguridad física y componentes sostenibles del edificio de Ingenierías Electrónica, Eléctrica y de Telecomunicaciones de la Universidad Industrial de Santander, se necesita que la Escuela, lleve el control minucioso en la ejecución de todas las tareas previstas por el análisis desarrollado, y se realicen las tareas en las frecuencias establecidas.
- Las tareas de mantenimiento son una herramienta muy útil en la administración de mantenimiento de los equipos, pero es deber de la Escuela designar un agente, el cual se encargue de hacer seguimiento y supervisar la tareas de mantenimiento preventivo y retroalimentar constantemente el diseño del programa de mantenimiento, de manera que el diseño aumente su funcionalidad.
- Crear conciencia a cada uno de los empleados, estudiantes y directivos, que el mantenimiento es una ayuda que se tiene para optimizar los proceso e incrementar la vida útil de los equipos, además de contribuir en la reducción de costos por mantenimiento.

## BIBLIOGRAFÍA

«Alter Evo Ingenieros,» [En línea]. Available: <http://alterevoingenieros.blogspot.com/2014/07/rcm-5-enfocados-en-tareas.html>. [Último acceso: 30 Julio 2014].

«Confiabilidad,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.confiabilidad.net/articulos/definicion-de-las-frecuencias-para-un-plan-de-mantenimiento>. [Último acceso: 2 Julio 2014].

ACEVEDO, A. M. R. «Modelo para la implementación de mantenimiento predictivo en las facilidades de producción de petróleo,» Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander, 2012, pp. 31-88.

AGUILAR, J. TORRES, R. Y MAGAÑA, D. «Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad».

AGUILAR-OTERO, J. TORRES-ARCIQUE, R. y MAGAÑA-JIMENEZ, D. «Análisis de modo de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgos y fiabilidad.,» *Ciencia y Tecnología*, pp. 15-26, 2010.

AGUILÓN, P. A. Mantenimiento predictivo: análisis de aceites., Cartagena: Universidad Industrial de Santander- UIS, 2007.

ARÉVALO, D. MANTILLA, E. y SÁCHICA, A. Monitoreo, soporte operativo y documental del sistema de automatización del nuevo edificio de la E3T, Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander - UIS, 2013.

Bermac. [En línea]. Available: <http://www.bermac.com.mx/catalogos/bticino/ahorrodeenergia/WattStopper05.pdf>. [Último acceso: 27 Agosto 2014].

CIAC, «CIAC,» [En línea]. Available: <http://www.ccaires.com/airesacondicionados/>. [Último acceso: 29 Agosto 2014].

Desconocido, «Codificación de elementos,» [En línea]. Available: <https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/9710/5/anexo3-%20Codificaci%C3%B3n%20de%20elementos.pdf>.

E. I. S.A, «Sistema de iluminación y aire acondicionaco E3T UIS,» Bucaramanga, 2012.

E. INGENIERÍA, «Manual - CONTINUUM,» Bucaramanga, 2012.

E. INGENIERÍA, «Manual - Panel de incendio,» Bucaramanga, 2012.

E. INGENIERÍA, «Manual CCTV,» Bucaramanga, 2012.

Enforcer, «Installation Manual,» [En línea]. Available: [http://www.seco-larm.com/pdfs/mi-SS-077\\_78.pdf](http://www.seco-larm.com/pdfs/mi-SS-077_78.pdf). [Último acceso: 3 Junio 2014].

Fire, S. «Deteccion de incendio,» [En línea]. Available: <http://www.simplex-fire.com>.

FUENTES, F. E. «Desarrollando el modelo RCM».

GUTIERREZ, E. AGÜERO, M. y CALIXTO, I. «Análisis de criticidad integral de activos,» Maracaibo.

HERNÁNDEZ, D. y GARCÍA, M. Programa de mantenimiento preventivo del sistema de automatización de la sede principal y facultad de salud de la universidad industrial de Santander, Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2014.

Honeywell, «Honeywell,» [En línea]. Available: [http://www.security.honeywell.com/es/documents/HSCE-470-02-ES\(02-06\)DS-C.pdf](http://www.security.honeywell.com/es/documents/HSCE-470-02-ES(02-06)DS-C.pdf). [Último acceso: 13 Abril 2014].

I. E. Power, «Predictive Maintenance self-assessment guidelines for nuclear power plants,» 2000, pp. 1-1.

I. S. O. - I. 14224, Condition monitoring and diagnostics of machines, 2004.

J. «Gestiopolis,» [En línea]. Available: <http://www.gestiopolis.com/operaciones/mantenimiento-centrado-en-confiabilidad-rcm.htm>. [Último acceso: 20 Junio 2014].

Leviton, «Leviton,» [En línea]. Available: [www.leviton.com](http://www.leviton.com). [Último acceso: 28 Agosto 2014].

Leviton, «Leviton's OSP20-RDH/RNH».

MOBLEY, K. An Introduction to Predictive Maintenance, 2nd Edition, 2002.

NORZOK, «Criticality analysis for maintenance purposes,» Estándar Z-008, 2001, p. 9.

PCmodus, «Renueva tu caldera,» [En línea]. Available: <http://www.renuevatucaldera.es/index.php/mantenimiento/mantenimiento-preventivo>. [Último acceso: 21 Agosto 2014].

Pelco, «Especificaciones del producto,» [En línea]. Available: [http://www.cctvcentersl.es/upload/Catalogos/DSSRV-Digital%20Sentry\\_esp.pdf](http://www.cctvcentersl.es/upload/Catalogos/DSSRV-Digital%20Sentry_esp.pdf). [Último acceso: 15 Junio 2014].

Pelco, «PMCL500 Series,» [En línea]. Available: <http://195.70.43.12/Pelco/c2988mapmcl500seriesnarrowbezelmonitorsio060811.pdf>. [Último acceso: 15 Junio 2014].

PEMEX, «Metodología análisis de criticidad (AC).,» [En línea]. Available: [http://aprendizajevirtual.pemex.com/nuevo/guias\\_pdf/guia\\_sco\\_analisis\\_criticidad.pdf](http://aprendizajevirtual.pemex.com/nuevo/guias_pdf/guia_sco_analisis_criticidad.pdf). [Último acceso: 21 Agosto 2014].

Power-Pack. [En línea]. Available: <file:///C:/Users/usuario/Downloads/BZ-50-Power-Pack-Installation-Instructions.pdf>. [Último acceso: 27 Agosto 2014].

PRANDO, R. Manual: Gestión de mantenimiento a la medida, El salvador: Piedra Santa, 1996.

RAMIREZ, I. «Kuroda Bombas, Ventajas y desventajas del mantenimiento predictivo,» [En línea]. Available: [http://kurodabombas.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=137%3Aventajas-y-desventajas-del-mantenimiento-predictivo&catid=2%3Anoticias&Itemid=15&lang=](http://kurodabombas.com/index.php?option=com_content&view=article&id=137%3Aventajas-y-desventajas-del-mantenimiento-predictivo&catid=2%3Anoticias&Itemid=15&lang=). [Último acceso: 20 Junio 2014].

ReliabilityWeb, «Confiabilidad,» ReliabilityWeb, [En línea]. Available: <http://confiabilidad.net/articulos/el-analisis-de-criticidad-una-metodologia-para-mejorar-la-confiabilidad-ope/>. [Último acceso: 21 Agosto 2014].

Renovetec, «Renovetec,» [En línea]. Available: <http://www.renovetec.com/671-tipos-de-mantenimiento>. [Último acceso: 15 Junio 2014].

S&P, «Solerpalau,» [En línea]. Available: <http://www.solerpalau.es/td-500-150-160-silent-ecowatt.html>. [Último acceso: 25 Abril 2014].

S. N. & Heap, H. Reliability-Centered Maintenance, San Francisco, California: U.S. Department of commerce, 1978.

Schneider, «ACX 57xx Series Controllor».

Schneider, «Andover Infinet».

SENA, L. J. J. «Mantenimiento Industrial,» [En línea]. Available: <http://manteniam automatico7.blogspot.com/p/overhaul.html>. [Último acceso: 20 Junio 2014].

Simplex, «Simplex,» [En línea]. Available: [http://www.simplex fire.com.au/\\_\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0014/6602/4090\\_0002.pdf](http://www.simplex fire.com.au/___data/assets/pdf_file/0014/6602/4090_0002.pdf).

Solatube, «Solatube,» [En línea]. Available: [http://www.solatube.pt/admin/content/catalogoportugues1\\_pdf1380628849.pdf](http://www.solatube.pt/admin/content/catalogoportugues1_pdf1380628849.pdf). [Último acceso: 29 Agosto 2014].

Solerpalau, «solerpalau,» [En línea]. Available: <http://www.solerpalau.es/silent-300.html>. [Último acceso: 28 Agosto 2014].

T. E. S. F. A. M. L. S. A. A. Space., Surface Vehicle Aerospace Standard, Warrendale: SAE International, 1999.

U. I. d. Santander, «Suministro, montaje y puesta en funcionamiento del sistema de automatización del edificio de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones,» Bucaramanga, 2012.

U. I. D. SANTANDER, «UIS,» 2012. [En línea]. Available: <http://www.uis.edu.do/contrataciones>. [Último acceso: 20 Julio 2014].

U. P. D. VALENCIA, «Manual básico para empezar a trabajar con macros de Visual Basic para Excel,» [En línea]. Available: <http://personales.upv.es/jpgarcia/LinkedDocuments/macrosVisualBasicParaExcel.pdf>. [Último acceso: 28 Agosto 2014].

wattstopper, «wattstopper,» [En línea]. Available: <http://www.wattstopper.com/>. [Último acceso: 28 Agosto 2014].

## REFERENCIA BIBLIOGRAFIA

[1] Renovetec, «Renovetec,» [En línea]. Available: <http://www.renovetec.com/671-tipos-de-mantenimiento>. [Último acceso: 15 Junio 2014].

[2] A. M. R. Acevedo, «Modelo para la implementación de mantenimiento predictivo en las facilidades de producción de petróleo,» Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander, 2012, pp. 31-88.

[3] P. A. Aguilón, Mantenimiento predictivo: análisis de aceites., Cartagena: Universidad Industrial de Santander- UIS, 2007.

[4] I. Ramirez, «Kuroda Bombas, Ventajas y desventajas del mantenimiento predictivo,» [En línea]. Available: [http://kurodabombas.com/index.php?option=com\\_content&view=article&id=137%3Aventajas-y-desventajas-del-mantenimiento-predictivo&catid=2%3Anoticias&Itemid=15&lang=](http://kurodabombas.com/index.php?option=com_content&view=article&id=137%3Aventajas-y-desventajas-del-mantenimiento-predictivo&catid=2%3Anoticias&Itemid=15&lang=). [Último acceso: 20 Junio 2014].

[5] L. J. J. Sena, «Mantenimiento Industrial,» [En línea]. Available: <http://manteniautomatico7.blogspot.com/p/overhaul.html>. [Último acceso: 20 Junio 2014].

[6] ReliabilityWeb, «Confiabilidad,» ReliabilityWeb, [En línea]. Available: <http://confiabilidad.net/articulos/el-analisis-de-criticidad-una-metodologia-para-mejorar-la-confiabilidad-ope/>. [Último acceso: 21 Agosto 2014].

[7] PEMEX, «Metodología análisis de criticidad (AC).,» [En línea]. Available: [http://aprendizajevirtual.pemex.com/nuevo/guias\\_pdf/guia\\_sco\\_analisis\\_criticidad.pdf](http://aprendizajevirtual.pemex.com/nuevo/guias_pdf/guia_sco_analisis_criticidad.pdf). [Último acceso: 21 Agosto 2014].

[8] R. Prando, Manual: Gestión de mantenimiento a la medida, El salvador: Piedra Santa, 1996.

[9] Juan, «Gestiopolis,» [En línea]. Available: <http://www.gestiopolis.com/operaciones/mantenimiento-centrado-en-confiabilidad-rcm.htm>. [Último acceso: 20 Junio 2014].

[10] F. E. Fuentes, «Desarrollando el modelo RCM».

[11] S. N. & H. Heap, Reliability-Centered Maintenance, San Franciso, California: U.S. Department of commerce, 1978.

[12] «Confiabilidad,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.confiabilidad.net/articulos/definicion-de-las-frecuencias-para-un-plan-de-mantenimiento>. [Último acceso: 2 Julio 2014].

[13] E. INGENIERÍA, «Manual CCTV,» Bucaramanga, 2012.

[14] D. Arévalo, E. Mantilla y A. Sáchica, Monitoreo, soporte operativo y documental del sistema de automatización del nuevo edificio de la E3T, Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander - UIS, 2013.

[15] Pelco, «Especificaciones del producto,» [En línea]. Available: [http://www.cctvcentersl.es/upload/Catalogos/DSSRV-Digital%20Sentry\\_esp.pdf](http://www.cctvcentersl.es/upload/Catalogos/DSSRV-Digital%20Sentry_esp.pdf). [Último acceso: 15 Junio 2014].

[16] Pelco, «PMCL500 Series,» [En línea]. Available: <http://195.70.43.12/Pelco/c2988mapmcl500seriesnarrowbezelmonitorsio060811.pdf>. [Último acceso: 15 Junio 2014].

- [17] E. INGENIERÍA, «Manual - Panel de incendio,» Bucaramanga, 2012.
- [18] S. Fire, «Deteccion de incendio,» [En línea]. Available: <http://www.simplex-fire.com>.
- [19] Simplex, «Simplex,» [En línea]. Available: [http://www.simplexfire.com.au/\\_\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0014/6602/4090\\_0002.pdf](http://www.simplexfire.com.au/___data/assets/pdf_file/0014/6602/4090_0002.pdf).
- [20] Enforcer, «Installation Manual,» [En línea]. Available: [http://www.seco-larm.com/pdfs/mi-SS-077\\_78.pdf](http://www.seco-larm.com/pdfs/mi-SS-077_78.pdf). [Último acceso: 3 Junio 2014].
- [21] E. INGENIERÍA, «Manual - CONTINUUM,» Bucaramanga, 2012.
- [22] Honeywell, «Honeywell,» [En línea]. Available: [http://www.security.honeywell.com/es/documents/HSCE-470-02-ES\(02-06\)DS-C.pdf](http://www.security.honeywell.com/es/documents/HSCE-470-02-ES(02-06)DS-C.pdf). [Último acceso: 13 Abril 2014].
- [23] Schneider, «ACX 57xx Series Controllor».
- [24] Schneider, «Andover Infinet».
- [25] E. I. S.A, «Sistema de iluminación y aire acondicionaco E3T UIS,» Bucaramanga, 2012.
- [26] Leviton, «Leviton's OSP20-RDH/RNH».
- [27] Power-Pack. [En línea]. Available: <file:///C:/Users/usuario/Downloads/BZ-50-Power-Pack-Installation-Instructions.pdf>. [Último acceso: 27 Agosto 2014].

[28] Leviton, «Leviton,» [En línea]. Available: [www.leviton.com](http://www.leviton.com). [Último acceso: 28 Agosto 2014].

[29] Bermac, «Bermac,» [En línea]. Available: <http://www.bermac.com.mx/catalogos/bticino/ahorrodeenergia/WattStopper05.pdf>. [Último acceso: 27 Agosto 2014].

[30] wattstopper, «wattstopper,» [En línea]. Available: <http://www.wattstopper.com/>. [Último acceso: 28 Agosto 2014].

[31] solerpalau, «solerpalau,» [En línea]. Available: <http://www.solerpalau.es/silent-300.html>. [Último acceso: 28 Agosto 2014].

[32] S&P, «Solerpalau,» [En línea]. Available: <http://www.solerpalau.es/td-500-150-160-silent-ecowatt.html>. [Último acceso: 25 Abril 2014].

[33] CIAC, «CIAC,» [En línea]. Available: <http://www.ccaires.com/airesacondicionados/>. [Último acceso: 29 Agosto 2014].

[34] Solatube, «Solatube,» [En línea]. Available: [http://www.solatube.pt/admin/content/catalogoportugues1\\_pdf1380628849.pdf](http://www.solatube.pt/admin/content/catalogoportugues1_pdf1380628849.pdf). [Último acceso: 29 Agosto 2014].

[35] Desconocido, «Codificación de elementos,» [En línea]. Available: <https://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/9710/5/anexo3-%20Codificaci%C3%B3n%20de%20elementos.pdf>.

[36] D. Hernandez y M. García, Programa de mantenimiento preventivo del sistema de automatización de la sede principal y facultad de salud de la universidad industrial de Santander, Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2014.

[37] E. Gutierrez, M. Agüero y I. Calixto, «Análisis de criticidad integral de activos,» Maracaibo.

[38] NORZOK, «Criticality analysis for maintenance purposes,» Estándar Z-008, 2001, p. 9.

[39] J. Aguilar-Otero, R. Torres-Arcique y D. Magaña-Jimenez, «Análisis de modo de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgos y fiabilidad,» *Ciencia y Tecnología*, pp. 15-26, 2010.

[40] U. I. D. SANTANDER, «UIS,» 2012. [En línea]. Available: <http://www.uis.edu.do/contrataciones>. [Último acceso: 20 Julio 2014].

[41] T. E. S. F. A. M. L. S. A. A. Space., Surface Vehicle Aerospace Standard, Warrendale: SAE International, 1999.

[42] U. P. D. VALENCIA, «Manual básico para empezar a trabajar con macros de Visual Basic para Excel,» [En línea]. Available: <http://personales.upv.es/jpgarcia/LinkedDocuments/macrosVisualBasicParaExcel.pdf>. [Último acceso: 28 Agosto 2014].

[43] K. MOBLEY, An Introduction to Predictive Maintenance, 2nd Edition, 2002.

[44] PCmodus, «Renueva tu caldera,» [En línea]. Available: <http://www.renuevatucaldera.es/index.php/mantenimiento/mantenimiento-preventivo>. [Último acceso: 21 Agosto 2014].

[45] U. I. d. Santander, «Suministro, montaje y puesta en funcionamiento del sistema de automatización del edificio de Ingeniería Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones,» Bucaramanga, 2012.

[46] I. S. O. -. I. 14224, Condition monitoring and diagnostics of machines, 2004.

[47] I. E. Power, «Predictive Maintenance self-assessment guidelines for nuclear power plants,» 2000, pp. 1-1.

[48] J. Aguilar, R. Torres y D. Magaña, «Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad».

[49] «Alter Evo Ingenieros,» [En línea]. Available: <http://alterevoingenieros.blogspot.com/2014/07/rcm-5-enfocados-en-tareas.html>. [Último acceso: 30 Julio 2014].

## **ANEXOS**