

**METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
INFORMACIÓN INTEGRADO PARA EL MANTENIMIENTO DE  
REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL amb S.A ESP**

**CARLOS ALBERTO OVIEDO RUEDA  
JUAN MANUEL GALVIS CASANOVA**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER – UIS  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2011**

**METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
INFORMACIÓN INTEGRADO PARA EL MANTENIMIENTO DE  
REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL amb S.A ESP**

**CARLOS ALBERTO OVIEDO RUEDA  
JUAN MANUEL GALVIS CASANOVA**

**Monografía de grado presentada como requisito parcial para optar  
el título de Especialización en Gerencia de Mantenimiento**

**Director  
JOLMAN LOZANO PICO  
Ing. Mecánico**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER – UIS  
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE MANTENIMIENTO  
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECÁNICAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA  
BUCARAMANGA**

**2011**

## **DEDICATORIA**

Agradezco a Dios por darme salud y todas las bendiciones.

La dedico a mis padres, que por su entrega incondicional y educación hacen de mí lo que soy hoy.

La dedico a mi futura esposa, por su compañía y apoyo

La dedico a mi hija, por ser la motivación para conseguir los logros

Agradezco al amb S.A. ESP, por promover mi crecimiento profesional

**Carlos Alberto Oviedo Rueda**

Un agradecimiento de corazón

A dios que es mi guía en todo momento,

A mi madre que siempre comparte todos mis sueños,

A daniela quien es mi fuente de alegría,

A todos mis amigos y compañeros que me brindaron su apoyo incondicional.

**Juan Manuel Galvis Casanova**

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	17
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	20
2. OBJETIVOS	21
2.1 OBJETIVO GENERAL	21
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS	21
3. JUSTIFICACION	23
4. MARCO REFERENCIAL	25
4.1 MARCO HISTORICO	25
4.2 MARCO CONCEPTUAL	27
4.2.1 Marco Conceptual Técnico	27
4.2.2 Marco Conceptual Investigativo	31
4.3 MARCO TEORICO	35
4.3.1 Conceptos Básicos de Mantenimiento	35
4.3.2 Mantenimiento Preventivo	38
4.3.3 Administración del Mantenimiento	41
4.3.4 Interrelaciones Funcionales del Mantenimiento	45
4.3.5 Disponibilidad del Mantenimiento	46
4.3.6 Efectividad del Mantenimiento	47
4.3.7 Fallas	48
4.3.8 Estimación de Costos de Mantenimiento	51
4.3.9 Costos de Ciclo de Vida	53
4.3.10 Tiempo de Mantenimiento	54
4.3.11 Indicadores de Mantenimiento	55
4.3.12 Software Para La Administración Computarizada Del Mantenimiento	56

4.3.13 Tecnologías SIG	60
5. ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA	64
5.1 MISIÓN	64
5.2 VISIÓN	64
5.3 PROPOSITO EMPRESARIAL	64
5.4 ORGANIGRAMA	65
5.5 ESTRUCTURA ACTUAL DIVISIÓN DISTRIBUCIÓN	66
5.5.1 Actividades del proceso	66
5.5.2 Diagnostico Estratégico Matriz DOFA	68
5.5.3 Esquema actual de operación Sección Redes	71
6. DISEÑO SISTEMA DE INFORMACIÓN Y DIGITALIZACIÓN DE REDES – SIIDAR –SIGIR	80
6.1. FUNCIONALIDADES DEL SOFTWARE	80
6.2. SISTEMAS DE DATOS ACTUALIZADOS	83
6.2.1 Hidrantes	84
6.2.2 Válvulas Reguladoras	87
6.3 ACTUALIZACIÓN Y GENERACIÓN DE HOJAS DE VIDA DE LOS ELEMENTOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN	88
6.4 GENERACIÓN DE MODELOS HIDRAULICOS	91
6.5 ACTIVIDADES DE CALIBRACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE MODELOS HIDRAULICOS	98
7. ESTRATEGIAS DE IMPLEMENTACION DE LA PLATAFORMA EXTREME CONTROL	105
7.1 CARACTERISTICAS GENERALES	105
7.1.1 Seguimiento a Vehículos ó Personas	105
7.1.2 Georeferenciación de trabajos	106
7.1.3 Asignación de trabajos	107
7.1.4 Computación Móvil	108
7.2. CARACTERISTICAS TÉCNICAS	109

7.3 BENEFICIOS DE LA APLICACIÓN	110
7.4 ARQUITECTURA TECNOLÓGICA	111
7.5. INTERFACE CON EL SISTEMA ERP DEL amb	112
7.6. METODOLOGÍA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN	113
8. ANÁLISIS Y DISEÑO DEL MÓDULO DE OPERACIÓN DE VÁLVULAS DE ACUEDUCTO – MOVA	117
8.1. DEFINICIÓN DE LA ESTRUCTURA GENERAL DEL APLICATIVO	117
8.2. ELECCIÓN DE LA PLATAFORMA DE SOFTWARE A UTILIZAR	119
8.2.1 Plataforma Software	119
8.2.2 Desarrollo de la Implementación	120
8.2.3 Asignación del controlador de entorno	121
8.3 DESARROLLO DE LAS APLICACIONES	122
8.4 PRUEBAS DE DESEMPEÑO DEL SOFTWARE	125
8.5 RESULTADOS	125
8.6 IDENTIFICACIÓN DE VALVULAS DE LA RED PRIMARIA Y SECUNDARIA DEL AMB MEDIANTE TECNOLOGÍA RFID	126
9. METODOLOGÍA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA INTEGRADO DE INFORMACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO EN EL amb	129
9.1 DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO	129
9.2 DETERMINACIÓN DE LA FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO	131
9.3. CAPACITACIÓN AL PERSONAL DE MANTENIMIENTO	132
9.4. MANTENIMIENTO CORRECTIVO	133
9.5. REQUERIMIENTO Y MEJORA CONTINUA	133
9.5.1 Mejoras Continuas	133
9.5.2 Optimización de tareas de trabajo	136

9.5.3 Beneficios	138
9.6 DEFINICION DE INDICADORES	139
10. CONCLUSIONES	143
11. BIBLIOGRAFIA	146
ANEXOS	148

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Árbol interraccional del mantenimiento	46
Figura 2. Tabla “Tina de Baño”	48
Figura 3. Patrones de diferentes tipos de fallas	50
Figura 4. Componentes SIG	62
Figura 5. Organigrama del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga	65
Figura 6. Organigrama de la División Distribución	66
Figura 7. Matriz DOFA	68
Figura 8. Organigrama Sección Redes y esquema actual operativo y administrativo	72
Figura 9. Personal disponible actual para reparación de daños	73
Figura 10. Esquema actual de distribución de vehículos	73
Figura 11. Flujo de actividades diarias – personal operativo y administrativo	74
Figura 12. Cálculo de Indicador Tiempo de Ejecución	75
Figura 13. Ordenes de Trabajo Ejecutadas por municipio a Marzo de 2010	76
Figura 14. Órdenes de Trabajo Atendidas por Tipo de Servicio a Marzo 2010	77
Figura 15. Tiempo de Ejecución de las Órdenes de Trabajo a Marzo 2010	77
Figura 16. Tiempo de Ejecución OT con Afectación del Servicio	78
Figura 17. Consolidado de Tiempos Promedio de Respuesta Marzo 2010	79
Figura 18. Formulario de fichas técnicas de hidrantes aplicación	81

## SIGIR

Figura 19. Formulario de fichas técnicas de válvulas reguladoras aplicación SIGIR	83
Figura 20. Ficha Técnica Física Hidrante	86
Figura 21. Formulario de edición y consulta de las mediciones de Los puntos de presión baja del Área Metropolitana de Bucaramanga	89
Figura 22. Formato de hoja de vida de los instrumentos de medición de presión	90
Figura 23. Modelo hidráulico de la red de distribución de acueducto del Área Metropolitana de Bucaramanga	92
Figura 24. El proceso de modelación de la red de distribución	94
Figura 25. Fuentes de información para generación de modelos hidráulicos	97
Figura 26. Metodología de calibración por escenarios	100
Figura 27. Diagrama Esquemático de las etapas de generación del modelo de la red de distribución	102
Figura 28. Formulario Información Sistema SCADA	103
Figura 29. Formulario de edición y consulta de mediciones de presión en las estaciones reguladoras	104
Figura 30. Formulario de Seguimiento de vehículos en la aplicación Extreme Control	106
Figura 31. Formulario de georeferenciación de trabajos en la aplicación Extreme Control	107
Figura 32. Formulario de asignación de trabajos en la aplicación Extreme Control	108
Figura 33. Arquitectura del sistema Extreme Control	112
Figura 34. Ciclo de Mantenimiento Preventivo	115
Figura 35. Creación de base de datos mova.mdb	121

Figura 36. Creación de origen de datos	122
Figura 37. Menú Principal software MOVA	123
Figura 38. Interface web aplicativo MOVA	124
Figura 39. Archivo plano generado con los usuarios afectados por el corte de servicio	125
Figura 40. Proceso General de Identificación de las válvulas	127
Figura 41. Estrategia de desarrollo amb	135
Figura 42. Injerencia de los sistemas de información en los procesos de Mantenimiento de redes	136
Figura 43. Generación de indicadores a partir de la medición de los tiempos de ejecución de Órdenes de trabajo de mantenimiento	142

## LISTA DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
Anexo A. Formato de Monitoreo de Presiones	148
Anexo B. Formato de hoja de vida de manómetros	150
Anexo C. Formato de Orden de Trabajo	153
Anexo D. Cuadro de Tipos de Servicio existente amb	155
Anexo E. Cuadro de Tipos de Servicio propuestos amb	157
Anexo F. Planilla de Control de Ordenes de Trabajo	160
Anexo G. Diagrama de Flujo del Proceso de Gestión de Mantenimientos	163
Anexo H. Memorando Análisis de Requerimientos Aplicación EXTREME CONTROL	165

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
Tabla 1. Beneficios de la aplicación Extreme Control	110

## RESUMEN

**TITULO: METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN INTEGRADO PARA EL MANTENIMIENTO DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE DEL amb S.A. ESP<sup>1</sup>**

**AUTORES: CARLOS ALBERTO OVIEDO RUEDA, JUAN MANUEL GALVIS CASANOVA<sup>2</sup>**

**PALABRAS CLAVES:** Mantenimiento, Mantenimiento Preventivo, Mantenimiento Correctivo, Mantenimiento Predictivo, Bases de datos, Ingeniería del Software, Sistemas de información, SIG, CMMS, Efectividad, Disponibilidad.

La presente investigación se realizó con la finalidad de desarrollar una metodología para la implementación de un sistema de información integrado para el mantenimiento de redes de distribución de agua potable en el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga, en razón a que se carece de un programa de mantenimiento preventivo que le permita optimizar los recursos existentes, lo que genera un alto costo de funcionamiento. A su vez las actividades y la información consignada en los sistemas de información no permiten determinar las causas de las fallas y planear acciones para ejecutar mantenimientos preventivos.

Bajo las circunstancias de esta problemática y la obligación de las entidades de garantizar la continuidad del servicio se presenta un reto a todos los profesionales, los cuales deben enfrentarse diariamente en la búsqueda de soluciones a un problema complejo como éste. Acorde con los requerimientos de este tipo de problemáticas, un acercamiento a la solución, se propone en el diseño como producto del presente proyecto. La investigación es de tipo documental, descriptiva y de campo basado en el diseño de herramientas computacionales para la gestión de información que permitan controlar geográficamente todos los recursos involucrados en los mantenimientos.

Las conclusiones determinaron que el Acueducto Metropolitano de Bucaramanga no presenta un mecanismo de integración de los sistemas que permita optimizar el proceso de mantenimiento de redes, garantizar la participación de todas las áreas del amb, involucrar los directos responsables en la prestación del servicio, la división Distribución y la gerencia de Operaciones, y las áreas de apoyo como son, las gerencias Financiera y Comercial, lo que permitirá un mejor suministro de agua potable y una atención óptima a los clientes, mejorando la imagen corporativa a nivel local, nacional e internacional.

---

<sup>1</sup> Monografía

<sup>2</sup> Facultad de Ingeniería Fisicomecánica. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director: Jolman Lozano Pico – Ing. Mecánico

## ABSTRACT

**TITLE: METHODOLOGY FOR THE IMPLEMENTATION OF A INTEGRATED INFORMATION SYSTEM FOR THE MAINTENANCE OF WATER DISTRIBUCION NETWORKS FROM amb S.A. ESP<sup>3</sup>**

**AUTHORS: CARLOS ALBERTO OVIEDO RUEDA, JUAN MANUEL GALVIS CASANOVA<sup>4</sup>**

**KEYWORDS: Maintenance, Preventive Maintenance, Corrective Maintenance, Predictive Maintenance, Databases, Software Engineering, Information Systems, GIS, CMMS, Effectiveness, Availability.**

This research was conducted in order to develop a methodology for the implementation of an integrated information system for the maintenance of water distribution networks from amb S.A ESP, where it was observed as an issue, weakness in programs of preventive maintenance allows optimizing existing resources, creating a high operation cost. In turn, the activities and information contained in information systems do not identify the causes of failures and plan actions to execute preventive maintenance.

Under the circumstances of this problem and the obligation for institutions to ensure continuity of service presented a challenge to all professionals, who must face daily in search of solutions to a complex problem like this. According to the requirements of this type of problem, an approach to the solution proposed in the design as a product of this project. To carry out this study, the methodology employed was a documentary style, descriptive and field based on design of computational tools for managing geographic information to control all the resources involved in maintenance.

The conclusions determined that the amb S.A. ESP does not present a mechanism for integrating the systems to optimize the network maintenance process, ensuring participation from all areas of the amb, involve the direct responsible for the service, division distribution and operations management, and support areas such as the Commercial and Financial Management, which will allow a better water supply and optimal care to clients, improving corporative image with a range locally, nationally and internationally.

---

<sup>3</sup> Monograph

<sup>4</sup> Faculty of Physical Mechanical Engineering. School of Mechanical Engineering.  
Project Manager: Jolman Lozano Pico – Mechanical Engineering

## INTRODUCCIÓN

Las actividades de mantenimiento sobre los elementos, es una de las mayores preocupaciones de las empresas en la actualidad, además es el segmento del sector donde mayores inversiones se han realizado en pro de optimizar los recursos. Los riesgos crecientes sobre los activos de la información, están obligando a las organizaciones a desarrollar estrategias que permitan evaluar y gestionar adecuadamente mantenimientos por medio de sistemas de información. La creciente interconexión de los procesos y la complejidad del sistema, ha obligado a mantenimiento a mejorar la gestión de la información, si no quiere que problemas de retrasos en la información recopilada en los mantenimientos, termine afectando al proceso mismo, sus clientes y proveedores en general.

Crece por tanto la necesidad de establecer sistemas de gestión de la información basados en estándares de amplio reconocimiento, que permitan a las organizaciones establecer una estrategia de actuación siguiendo controles y códigos de buenas prácticas ampliamente aceptadas por el mercado, y que sirvan de requisito para seleccionar a las organizaciones con las cuales se desean desarrollar actividades.

Esta realidad evidencia la necesidad de una mayor sensibilización y formación de los niveles ejecutivos de la empresa, que a través de un conocimiento objetivo de la problemática y las soluciones y prácticas que existen, permita establecer las bases para el desarrollo de una estrategia de mantenimiento en su organización. Como ejemplo de esta falta de sensibilización, se puede señalar que muchas de las empresas

e instituciones locales, no tienen establecido un plan de acción para la salvaguarda de la información técnica adquirida en las operaciones y/o el mantenimiento, en caso de producirse incidentes graves o desastres que conlleven a una pérdida de información ó de conocimiento experto del personal responsable.

Los deficientes mecanismos informáticos para la gestión de mantenimientos implantados en las empresas, en algunos casos se deben, a que la velocidad con la que se desarrollan nuevas tecnologías es mayor que la velocidad de asimilación de éstas por parte de los clientes. Las empresas programan el entrenamiento para que el personal responsable se capacite para instalar, implantar y administrar los productos tecnológicos, en el tiempo planificado. Pero ni el entrenamiento, ni el tiempo destinado para efectuar las pruebas antes de la puesta en producción, son suficientes para que el personal se capacite lo requerido para implantar el adecuado mecanismo, y en los casos donde se considera la ejecución de pruebas, no son diseñados con la suficiente profundidad debido al desconocimiento de la tecnología.

Ante situaciones como la enunciada anteriormente, los profesionales responsables de implantar estas nuevas tecnologías y de mantenerlas, además la continuidad operativa de los elementos, no estarán en ningún momento capacitados para garantizar la integridad, la confiabilidad y la disponibilidad de la información manejada por nuevos servicios de tecnología. Es necesario fortalecer el mantenimiento en las empresas con políticas y estrategias tendientes a garantizar que toda implantación de nueva tecnología debe ir acompañada: de un adecuado entrenamiento y capacitación profesional; y de un procedimiento de

evaluación de esa tecnología para detectar las vulnerabilidades y posibles amenazas y de esta manera integrar las gestiones operativas de mantenimiento y el uso de los sistemas de información.

La importancia de una buena gestión de la tecnología de la información “TI” es de gran relevancia en el mercado, un punto de crítica importancia al respecto, es la gestión de los mantenimientos con tecnologías de información, que en una gran medida pueden ser desencadenantes de riesgos operacionales para la empresa. La gestión de TI aplicada al sector operativo en una empresa debe ser considerada como un proceso cíclico que incluye el análisis y la priorización de actividades. Estas actividades permiten a la organización tener una visión detallada y exacta de sus operaciones, y constituyen una buena herramienta de decisión y permitir así gestionar en un entorno de recursos limitados (el habitual).

Bajo las circunstancias de esta problemática y la obligación de las entidades de garantizar la continuidad del servicio, se presenta un reto a todos los profesionales, los cuales deben enfrentarse diariamente en la búsqueda de soluciones a un problema complejo y dinámico. De lo anterior, se detecta una necesidad de búsqueda de soluciones adecuadas a esta situación, lo que requiere del uso de herramientas tecnológicas y un proceso de ingeniería que posibilite la producción de un Plan de Mantenimiento bajo la integración de TI, acorde con los requerimientos de este tipo de problemas, un acercamiento a la solución, se propone en el diseño como producto del presente proyecto.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En la actualidad, el programa de mantenimiento de la red de distribución del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga, consiste básicamente en realizar la reparación de los equipos que la componen (Mantenimiento Correctivo) y mediante un análisis estadístico, determinar la frecuencia anual de daños por sectores y proyectar la reposición de aquellos que presentaron mayores índices de falla. Por lo tanto, se carece de un programa de mantenimiento preventivo que le permita optimizar los recursos existentes, lo que genera un alto costo de funcionamiento.

El grupo de trabajo establecido, ejecuta las actividades de mantenimiento reactivo y la información consignada en el sistema de información, es específica de los trabajos realizados, sin tener un análisis de causa raíz. La carencia de información de mantenimiento y operación de los elementos y equipos que componen el sistema de distribución, impide determinar las causas de falla y planear y ejecutar mantenimientos preventivos para su mitigación, además de la retroalimentación permanente del estado de los equipos, para establecer la priorización de atención con base en su criticidad.

A su vez, la operación de válvulas en la red de distribución, se basa únicamente en la experiencia de los operadores, lo que genera un riesgo al no conocer la incidencia de la operación de las mismas en el sistema de acueducto, además de la repercusión en el suministro de agua potable a los clientes.

## **2. OBJETIVOS**

Para el desarrollo del proyecto se plantea un objetivo general y cuatro objetivos específicos, los cuales se presentan a continuación.

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Establecer la metodología para la implementación de un sistema de información integrado, que le permita al amb S.A. ESP un control técnico y geográfico sobre la operación y ejecución de mantenimientos en las redes de distribución de agua potable.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- Diseñar un sistema de información de redes (SIIDAR) que permita la actualización en línea de fichas técnicas y hojas de vida de los elementos y equipos, así como la generación de modelos hidráulicos básicos y la posterior reincorporación con las correcciones obtenidas en el proceso de calibración.
- Diseñar la estrategia para la implementación del sistema de información móvil (EXTREME CONTROL) que involucre aspectos fundamentales de mantenimiento de los equipos y elementos hidráulicos de la red de distribución al sistema de información ERP (SII++).
- Diseñar un sistema de información geográfico (MOVA) que mediante la simulación hidráulica del sistema y la lectura de tag's instalados en las válvulas del sistema de acueducto, permita definir y retroalimentar la operación efectuada sobre las válvulas

para ejecutar alguna actividad de mantenimiento, así como el listado de usuarios afectados durante las suspensiones.

- Diseñar el mecanismo de integración de los sistemas de información a través de una plataforma web (SIIDAR, EXTREME CONTROL, SII++ y MOVA).

### **3. JUSTIFICACIÓN**

La empresa deberá establecer una metodología para la implementación de un sistema integrado de información, que permita controlar geográficamente todos los recursos involucrados en los mantenimientos, basando las actividades realizadas en modelos matemáticos que minimicen los riesgos asociados a la operación de los elementos y equipos de la red de distribución. Disponer en tiempo real a través de medios de comunicación móvil, de la información y la respectiva actualización permanente de los estados de operación de los elementos del sistema, así como el uso del recurso humano y de los inventarios, permitirá definir con exactitud la continuidad del servicio de agua potable, estimar las pérdidas del sistema por fugas en las redes y controlar los tiempos y los materiales utilizados en la ejecución de las actividades de mantenimiento.

La implementación de la metodología propuesta, le permitirá al amb S.A. ESP un mejoramiento en la ejecución de sus actividades, la inversión eficiente y enfocada a la disminución de costos, la asignación de recursos técnicos y humanos al mantenimiento preventivo y la implementación de una metodología que permita optimizar el uso de los recursos hídricos disponibles.

A su vez, el mejoramiento continuo del proceso de mantenimiento de redes, generará un reconocimiento y apropiación en la comunidad atendida, proyectando la organización como empresa líder a nivel nacional en la distribución de agua potable, mediante un sistema de

“cero fallas”, con un estricto control de pérdidas y un enfoque de maximización en la continuidad del servicio prestado.

## 4. MARCO REFERENCIAL

### 4.1 MARCO HISTORICO

Este marco se basa en los antecedentes de trabajos de grado realizados en algunas universidades del país.

- TITULO: Implementación de un sistema de mantenimiento preventivo, auxiliado por un software, para una línea de pintura electroforética.

AUTOR: José Manuel Alarcón García

UNIVERSIDAD: Universidad de las Américas (Puebla – México)

AÑO: 2004

RESUMEN: La tesis se desarrolla en Maquinados de Madera Diana S.A de C.V., esta tiene como finalidad establecer un sistema de mantenimiento preventivo para una línea de pintura electroforética (e-coat) para producción de muebles.

- TITULO: Diseño de un software que facilite las actividades de mantenimiento a los motores DIESEL instalados en una empresa de telecomunicaciones.

AUTOR: Marcos Alejandro Noriega Hernández.

UNIVERSIDAD: Universidad del Oriente (Venezuela)

AÑO: 2004

RESUMEN: En el presente trabajo se diseñó un software que permite llevar un mejor control sobre las diferentes actividades de mantenimiento que se le realiza a los motores instalados en la

Cantv Anzoátegui, este se designó con el nombre de Plamanmotor y fue elaborado en Microsoft Visual Basic 6.0 en combinación con Acces 2000, es importante mencionar que el software genera las actividades de mantenimiento a realizar a cada motor, indicándole la próxima fecha de mantenimiento, además contiene información de cada equipo (Marca, Ubicación, Estatus de criticidad), también permite determinar las posibles fallas que se puedan generar en el motor.

- TITULO: Desarrollo de un software para mantenimiento preventivo, aplicable a los sectores de micro y pequeñas empresas colombianas.

AUTOR: Guillermo Carvajal

UNIVERSIDAD: Universidad Tecnológica de Pereira (Colombia)

AÑO: 2008

RESUMEN: Se define la metodología seguida para la concepción, estructuración y desarrollo de un aplicativo de software de bajo costo, para la administración de mantenimiento preventivo, aplicable a micro y pequeñas empresas del sector productivo colombiano.

- TITULO: Diseño y desarrollo de un software para la implementación del plan de mantenimiento preventivo de la división de soldadura y pailería de la empresa COTECMAR-planta mamonal

AUTOR: Mariano Quiroz

UNIVERSIDAD: Universidad Tecnológica de Bolívar (Colombia)

AÑO: 2007

- TITULO: Sistema de Información para el control de mantenimiento preventivo y correctivo de la maquinaria y parque automotor de la Gobernación de Santander.

AUTOR: Fanny Hernández Florez

UNIVERSIDAD: Universidad Industrial de Santander

AÑO: 1993

## 4.2 MARCO CONCEPTUAL

Con el fin de facilitar la interpretación y la organización del marco conceptual, se organiza en dos bloques: marco conceptual técnico y marco conceptual investigativo.

### 4.2.1 Marco Conceptual Técnico

Se describirán conceptos relacionados con la Ingeniería del Software y la Informática.

**Base de Datos.** Representación de la realidad en forma de datos, que están enlazados de la manera más coherente posible almacenados, con una redundancia calculada y estructurados de tal manera, que facilite su explotación y que se pueda satisfacer las necesidades de información de los diferentes usuarios.

**Dato.** Es una representación simbólica (numérica, alfabética, etc.), de un atributo o característica de una entidad. El dato no tiene valor semántico (sentido) en sí mismo, pero convenientemente tratado

(procesado) se puede utilizar en la realización de cálculos o toma de decisiones<sup>5</sup>.

**Data Warehouse.** Colección de datos orientadas a un dominio, integrado, no volátil y que varía en el tiempo, que ayuda a la toma de decisiones de la empresa u organización.<sup>6</sup>

**Declaración.** Código con el que se define la existencia de una variable o función.

**DLL.** Es el acrónimo de *Dynamic Linking Library (Bibliotecas de Enlace Dinámico)*, término con el que se refiere a los archivos con código ejecutable que se cargan bajo demanda del programa por parte del sistema operativo.<sup>7</sup>

**Información.** Conjunto organizado de datos, que constituyen un mensaje sobre un determinado ente o fenómeno<sup>8</sup>.

**Ingeniería.** Arte de aplicar los conocimientos científicos a la invención, perfeccionamiento y utilización de la técnica industrial en todas sus determinaciones.

**Ingeniería del Software.** Establecimiento y uso de principios robustos de la ingeniería con el fin de obtener económicamente software que sea fiable y que funcione eficientemente sobre máquinas reales.<sup>9</sup>

---

<sup>5</sup> WIKIPEDIA. Dato. Url disponible: <http://es.wikipedia.org/wiki/Dato>

<sup>6</sup> WIKIPEDIA. Almacén de datos. Url disponible: [http://es.wikipedia.org/wiki/Data\\_warehouse](http://es.wikipedia.org/wiki/Data_warehouse)

<sup>7</sup> WIKIPEDIA. DLL. [http://es.wikipedia.org/wiki/Dynamic\\_Linking\\_Library](http://es.wikipedia.org/wiki/Dynamic_Linking_Library)

<sup>8</sup> WIKIPEDIA. Información. Url disponible: <http://es.wikipedia.org/wiki/Informacion>

**Internet.** Red de redes a escala mundial de millones de computadoras interconectadas con el conjunto de protocolos TCP/IP. Cuando se dice red de redes se hace referencia a que es una red formada por la interconexión de otras redes menores<sup>10</sup>.

**Implementación.** Código que define el comportamiento de una función.

**Métrica.** Medida cuantitativa del grado en que un sistema, componente o proceso posee un atributo dado<sup>11</sup>.

**Modelo.** Un modelo es una representación de un objeto, idea, o sistema en una forma diferente a la entidad misma. En este caso, el modelo es un conjunto de relaciones matemáticas o lógicas derivadas de supuestos sobre el comportamiento del sistema.<sup>12</sup>

**Prototipo.** Es un sistema desarrollado con la finalidad de probar ideas y suposiciones relacionadas con el nuevo sistema. Es la primera versión, o iteración, para el caso de un Sistema de Información; es el modelo original<sup>13</sup>.

**Ciclo de vida.** Intervalo de tiempo durante el cual se está ejecutando una función.

---

<sup>9</sup> PRESSMAN, Roger. Ingeniería del software. Quinta edición. P 14.

<sup>10</sup> WIKIPEDIA. *Internet*. Url disponible: <http://es.wikipedia.org/wiki/Internet>

<sup>11</sup> PRESSMAN, Roger. Ingeniería del software. Quinta edición. P 54.

<sup>12</sup> WIKIPEDIA. <http://es.wikipedia.org/wiki/Modelo>

<sup>13</sup> SENN, James. Análisis y diseño de Sistemas de Información. Segunda edición.

**Simulación.** Implica crear un modelo que aproxima cierto aspecto de un sistema del mundo real y que puede ser usado para generar historias artificiales del sistema, de forma tal, que nos permite predecir cierto aspecto del comportamiento del sistema.<sup>14</sup>

**Sistema.** Conjunto de componentes que interactúan entre sí, para lograr un objetivo común<sup>15</sup>.

**Sistema de Gestión de Base de Datos.** Son un tipo de software muy específico, dedicado a servir de interfaz entre las bases de datos y las aplicaciones que la utilizan.

**Sistema de Información.** Medio por el cual los datos fluyen de una persona ó departamento hacia otros y puede ser cualquier cosa, desde la comunicación interna entre los diferentes componentes de la organización y líneas telefónicas hasta sistemas de cómputo que generan reportes periódicos para varios usuarios. Proporcionan servicio a todos los demás sistemas de una organización y enlazan todos sus componentes en forma tal que éstos trabajen con eficiencia para alcanzar el mismo objetivo<sup>16</sup>.

**Sistema de Información Geográfica.** Es una integración organizada de hardware, software y datos geográficos diseñada para capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar en todas sus formas la

---

<sup>14</sup> WIKIPEDIA. <http://es.wikipedia.org/wiki/Simulación>

<sup>15</sup> SENN, James. Análisis y diseño de Sistemas de Información. Segunda edición. P 19.

<sup>16</sup> SENN, James. Análisis y diseño de Sistemas de Información. Segunda edición. P 20.

información geográficamente referenciada con el fin de resolver problemas complejos de planificación y gestión.<sup>17</sup>

**Usuario.** La persona o entidad que va a hacer uso del programa.

#### 4.2.2 Marco Conceptual Investigativo

Se describirán conceptos propios de lo que es el mantenimiento y del objeto de desarrollo de este documento.

**CMMS.** (Computerized Maintenance Management System – Sistema Computarizado de Gestión de Mantenimiento), es un paquete software que mantiene información organizacional sobre las operaciones de mantenimiento en una base de datos computacional.<sup>18</sup>

**Control.** Se refiere principalmente a la evaluación del nivel de mantenimiento, un problema presentado generalmente en esta área es el costo de mantenimiento.<sup>19</sup>

**Costo.** Es el valor de los consumos de factores que suponen el ejercicio de una actividad de mantenimiento.

**Disponibilidad.** Es la relación entre una mejor capacidad de realización y de mantenimiento de un proceso.

---

<sup>17</sup>WIKIPEDIA, [http:// es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_de\\_Información\\_Geográfica](http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_Información_Geográfica)

<sup>18</sup> WIKIPEDIA, [http:// es.wikipedia.org/wiki/Computerized\\_Maintenance\\_Management\\_System](http://es.wikipedia.org/wiki/Computerized_Maintenance_Management_System)

<sup>19</sup> UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS PUEBLA.

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/alarcon\\_g\\_jm/capitulo\\_3.html](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/alarcon_g_jm/capitulo_3.html)

**Efectividad.** Es la relación entre el uso actual de un equipo y el esfuerzo requerido para mantenerlo, es generalmente usada para medir la mantenibilidad, y es una base muy útil para comparar diferentes equipos.

**Eficiencia.** Es la capacidad de lograr el efecto en cuestión, con el mínimo de recursos posibles viable.<sup>20</sup>

**Falla.** Es la ocurrencia no previsible, inherente al elemento de un equipo que impide que este cumpla su misión para lo cual fue diseñado.<sup>21</sup>

**Mantenibilidad.** Esta característica se refiere principalmente a las propiedades de diseño, análisis, predicción y demostración, que ayudan a determinar la efectividad con la que un equipo puede ser mantenido o reparado para estar en condiciones de uso u operación.<sup>22</sup>

**Mantenimiento.** Se define como la disciplina cuya finalidad consiste en mantener máquinas y el equipo en un estado de operación, lo que incluye servicios, pruebas, inspecciones, ajustes, reemplazo, reinstalación, calibración, reparación y reconstrucción. Principalmente se basa en el desarrollo de conceptos, criterios y técnicas requeridas para el mantenimiento, proporcionando una guía de políticas o criterios

---

<sup>20</sup> WIKIPEDIA, [http:// es.wikipedia.org/wiki/Efectividad](http://es.wikipedia.org/wiki/Efectividad)

<sup>21</sup> UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS PUEBLA.

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/alarcon\\_g\\_jm/capitulo\\_3.html](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/alarcon_g_jm/capitulo_3.html)

<sup>22</sup> UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS PUEBLA.

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/alarcon\\_g\\_jm/capitulo\\_3.html](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/alarcon_g_jm/capitulo_3.html)

para toma de decisiones en la administración y aplicación de programas de mantenimiento.<sup>23</sup>

**Mantenimiento Correctivo.** Mantenimiento realizado sin un plan de actividades, ni actividades de reparación. Es resultado de la falla y deficiencias.<sup>24</sup>

**Mantenimiento Predictivo.** Este mantenimiento nació basado en la automatización y avances tecnológicos en la actualidad, la base de este tipo de mantenimiento se encuentra en el monitoreo de una máquina, además de la experiencia empírica, se obtienen gráficas de comportamiento para poder realizar la planeación del mantenimiento. Este mantenimiento como su nombre lo dice, realiza una predicción con base al monitoreo del comportamiento y características de un sistema y realiza cambios o plantea actividades antes de llegar a un punto crítico.<sup>25</sup>

**Mantenimiento Preventivo.** Realizar actividades con la finalidad de mantener un elemento en una condición específica de operación, por medio de una inspección sistemática, detección y prevención de falla inminente.<sup>26</sup>

---

<sup>23</sup> UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS PUEBLA.

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/alarcon\\_g\\_jm/capitulo\\_3.html](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/alarcon_g_jm/capitulo_3.html)

<sup>24</sup> UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS PUEBLA.

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/alarcon\\_g\\_jm/capitulo\\_3.html](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/alarcon_g_jm/capitulo_3.html)

<sup>25</sup> UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS PUEBLA.

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/alarcon\\_g\\_jm/capitulo\\_3.html](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/alarcon_g_jm/capitulo_3.html)

<sup>26</sup> UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS PUEBLA.

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/alarcon\\_g\\_jm/capitulo\\_3.html](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/alarcon_g_jm/capitulo_3.html)

**Mantenimiento No Programado.** Mantenimiento de emergencia con actividad correctiva, para restaurar un sistema o elemento dejándolo en condiciones de operación.

**Mantenimiento en Condiciones.** Inspecciones de las características que cuentan con un alto riesgo de falla, además de aplicación del mantenimiento preventivo, después de la alerta de riesgo pero antes de la falla total.

**Mantenimiento Programado.** Acciones previamente planeadas para mantener un elemento en una condición específica de operación.<sup>27</sup>

**Productividad.** Relación entre los resultados y el tiempo utilizado para obtenerlos.<sup>28</sup>

**RFID.** Tecnología de identificación por radiofrecuencia, que se basa en un sistema de almacenamiento y recuperación de datos remotos por medio de dispositivos denominados tarjetas o tags RFID, cuyo propósito es transmitir la identidad del objeto mediante ondas de radio.

**Tiempo de Mantenimiento.** Es todo el tiempo que es cargado al departamento de mantenimiento y deberá ser pagado por el presupuesto designado para el mantenimiento.<sup>29</sup>

**Web Service.** Es un conjunto de protocolos y estándares que sirven para intercambiar datos entre aplicaciones.

---

<sup>27</sup> UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS PUEBLA.

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/alarcon\\_g\\_jm/capitulo\\_3.html](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/alarcon_g_jm/capitulo_3.html)

<sup>28</sup> WIKIPEDIA, [http:// es.wikipedia.org/wiki/Productividad](http://es.wikipedia.org/wiki/Productividad)

<sup>29</sup> UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS PUEBLA.

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/alarcon\\_g\\_jm/capitulo\\_3.html](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/alarcon_g_jm/capitulo_3.html)

### 4.3 MARCO TEÓRICO

La elaboración del marco teórico se realizó a través de la investigación y análisis de teorías, tendencias y secuencias expresadas por autores encontradas en fuentes bibliográficas y en Internet. Cabe anotar, que la información descrita a continuación fue adaptada a las necesidades del proyecto y se excluyeron algunos elementos que no presentan mayor relevancia a los objetivos de la investigación.

Para una mejor organización del marco teórico, se definieron clases: una para manipular teorías de mantenimiento, otra para la introducción a los programas software de gestión de mantenimiento y por último sobre tecnologías SIG, web e ingeniería de software.

#### 4.3.1 Conceptos Básicos De Mantenimiento <sup>30</sup>

Antes que realizar cualquier tipo de clasificación o descripción de los tipos de mantenimiento, es muy importante saber realmente lo que es el Mantenimiento y su diferencia con lo que se conoce como Mantenibilidad o Capacidad de Mantenimiento, las cuales se prestan en muchas ocasiones a confusión por parte del personal de una empresa.

**Mantenibilidad.-** Es una propiedad de un sistema que representa el esfuerzo requerida para conservar su funcionamiento normal o para restituirlo una vez que se ha presentado un evento de falla. Por lo tanto, se encuentra inversamente relacionada con la duración y el esfuerzo requerido por las actividades de mantenimiento.

---

<sup>30</sup> UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS PUEBLA.

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/alarcon\\_g\\_jm/capitulo\\_3.html](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/alarcon_g_jm/capitulo_3.html)

**Mantenimiento.** Se define como la disciplina cuya finalidad consiste en mantener las máquinas y el equipo en un estado de operación, lo que incluye servicio, pruebas, inspecciones, ajustes, reemplazo, reinstalación, calibración, reparación y reconstrucción.

Principalmente se basa en el desarrollo de conceptos, criterios y técnicas requeridas para el mantenimiento, proporcionando una guía de políticas o criterios para toma de decisiones en la administración y aplicación de programas de mantenimiento.

Principalmente el mantenimiento puede ser aplicado de 3 formas:

1. Mantenimiento Correctivo.
2. Mantenimiento Preventivo.
3. Mantenimiento Predictivo.

Algunas fuentes manejan otras alternativas de mantenimiento pero principalmente estos mencionados anteriormente, son las raíces de los diferentes tipos de mantenimiento manejados en las demás áreas más específicas.

De los diferentes tipos o variaciones del mantenimiento se nombrarán y definirán las más importantes para posteriormente analizar específicamente el Mantenimiento Preventivo únicamente.

**Mantenimiento Correctivo.** Mantenimiento realizado sin un plan de actividades, ni actividades de reparación. Es resultado de la falla o deficiencias.

**Mantenimiento No Programado.** Mantenimiento de emergencia con

actividad correctiva, para restaurar un sistema o elemento dejándolo en condiciones de operación.

**Mantenimiento en Condiciones.** Inspecciones de las características que cuentan con un alto riesgo de falla, además de aplicación del mantenimiento preventivo después de la alerta de riesgo pero antes de la falla total.

**Mantenimiento Preventivo.** Realizar actividades con la finalidad de mantener un elemento en una condición específica de operación, por medio de una inspección sistemática, detección y prevención de la falla inminente.

**Mantenimiento Programado.** Acciones previamente planeadas para mantener un elemento en una condición específica de operación.

**Mantenimiento Predictivo.** Este mantenimiento nació basado en la automatización y avances tecnológicos en la actualidad, la base de este tipo de mantenimiento se encuentra en el monitoreo de una máquina, además de la experiencia empírica, se obtienen gráficas de comportamiento para poder realizar la planeación de mantenimiento. Este mantenimiento como su nombre lo dice, realiza una predicción del comportamiento con base en el monitoreo del comportamiento y características de un sistema y realiza cambios o plantea actividades antes de llegar a un punto crítico.

### **4.3.2 Mantenimiento Preventivo<sup>31</sup>**

El mantenimiento preventivo se puede definir como un sistema de conservación planeado del equipo y de la fábrica. No importando el tamaño de la empresa ni tipo de producción, cualquier plan de mantenimiento preventivo deberá cumplir con los siguientes puntos:

- Una inspección periódica de las instalaciones y equipos para detectar situaciones que puedan originar fallas o una depreciación perjudicial.
- El mantenimiento necesario para remediar esas situaciones antes de que lleguen a revestir gravedad. Básicamente es necesario llegar a un plan de mantenimiento antes de poder aplicar técnicas de mantenimiento preventivo, será necesario que la producción tenga cierto nivel de estabilidad, por el contrario el equipo de mantenimiento no dará abasto para solucionar los problemas presentados. Se tomará como medida empírica que es necesario que una fábrica no emplee más del 75% de su tiempo de mantenimiento en resolver composuras para no enfrentar serios problemas, al pasar a un sistema de mantenimiento preventivo.

La implementación de un plan de mantenimiento preventivo es justificada, por una gran cantidad de ventajas, que dan como resultado, el seguir un sistema de este tipo. A continuación se mencionan una variedad de ventajas:

- Menor tiempo perdido como resultado de los paros de maquinaria ó equipos por fallas.

---

<sup>31</sup> UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS PUEBLA.

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/alarcon\\_g\\_jm/capitulo\\_3.html](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/alarcon_g_jm/capitulo_3.html)

- Mejor conservación y duración de los elementos, por no haber necesidad de intervenir el equipo antes de tiempo.
- Menor costo por concepto de horas extraordinarias de trabajo y una utilización más económica de los trabajadores de mantenimiento.
- Menores reparaciones a gran escala, prevenidas por reparaciones de rutina.
- Menor costo por concepto de fallas, cuando una parte falla en servicio, suele echar a perder otras partes, aumentando el costo de servicio.
- Menor ocurrencia de productos rechazados, repeticiones y desperdicios, como producto de una mejor condición general del equipo.
- Identificación del equipo que origina gastos de mantenimiento exagerados y señalar las necesidades de un trabajo de mantenimiento correctivo para el mismo, un mejor adiestramiento del operador, o bien, el reemplazo de máquinas anticuadas.
- Mejores condiciones de seguridad.

Como se puede ver, existen grandes ventajas al implementar un sistema de mantenimiento preventivo, además de que a mayor sea el nivel tecnológico y el valor de las máquinas, mayores serán los beneficios del sistema.

Es necesario realizar una delimitación de los elementos, máquinas o sistemas que deberán incluirse en el programa de mantenimiento preventivo, los métodos de determinación crítica se realizarán con base en un análisis inteligente. Todos los miembros de una acción de mantenimiento encargados del diseño e implementación del sistema de mantenimiento preventivo deberán establecer políticas para su diseño, dentro de las cuales se encuentran las siguientes:

- Todo esfuerzo gastado en el diseño de un nuevo programa de mantenimiento preventivo, es un gasto sustraído de las ganancias.
- Una tarea de mantenimiento preventivo incrementará los costos de mantenimiento; desde el momento de iniciarla hasta el momento de la aparición de los beneficios del mantenimiento.
- El grado del mantenimiento preventivo estará relacionado al tipo crítico de equipo, el mantenimiento será seleccionado para satisfacer las demandas críticas del mismo.
- El mantenimiento preventivo puede incrementar costos permanentemente en el caso de que la persona encargada del programa de mantenimiento no tiene los conocimientos suficientes acerca del mantenimiento.
- Los costos de las pérdidas en la producción deben ser optimizados con el mantenimiento.
- El mantenimiento preventivo debe ser optimizado por medio de los paros de mantenimiento.
- Al empezar el mantenimiento preventivo, debe ser seleccionado un grupo de personas encargadas del diseño e implementación del programa.

Una vez teniendo estos puntos en mente, la administración es un proceso que deberá ser realizado de la siguiente manera:

- Asignar al grupo de personas más competentes para el diseño de los sistemas.
- Empezar con los equipos más críticos y crear un programa de instrucciones e implementarlas de acuerdo a la capacidad de los recursos humanos para el mantenimiento.
- El nivel de implementación debe ser designado para dar tiempo al

programa de mantenimiento para dar los beneficios.

- Las pérdidas de producción deben ser optimizadas, contrarrestando el incremento de los gastos por mantenimiento.
- Las instrucciones de mantenimiento preventivo deben ser optimizadas.

Cada uno de estos puntos da como resultado diferentes tipos de tareas, las cuales deberán ser administradas y controladas de la misma forma por el jefe de mantenimiento.

#### **4.3.3 Administración Del Mantenimiento<sup>32</sup>**

Primero que nada, es necesario realizar un plan de mantenimiento, el cual es un documento que puede servir de diferentes propósitos de acuerdo a la función del mantenimiento. Este trabajo requiere una gran cantidad de trabajo documental y al momento iniciar la actividad, es necesario estar enterado de todas las actividades realizadas.

Los datos típicos a revisar, contenidos en un plan de mantenimiento son los siguientes:

- **Instalación.**- ¿Quién instalará y controlará, los equipos?
- **Ambiente.** - ¿Existe alguna temperatura o humedad específica o límite que controlar?
- **Frecuencia del Mantenimiento.** - ¿Que tan seguido será requerido el mantenimiento?
- **Entrenamiento.** - ¿Qué arreglos necesitan ser hechos para el entrenamiento de ingeniería del mantenimiento para los usuarios?

---

<sup>32</sup> UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS PUEBLA.

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/alarcon\\_g\\_jm/capitulo\\_3.html](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/alarcon_g_jm/capitulo_3.html)

- **Herramientas y Equipos.** - ¿Qué elementos especiales son requeridos y de donde pueden ser obtenidos?
- **Documentación del Mantenimiento.** - ¿Qué documentación es necesaria tener en cuenta?
- **Partes y Materiales.** - ¿Qué es necesario tener para mantener un abasto que garantice las acciones deseadas?
- **Configuración del Control.** - ¿Será necesario realizar algún cambio en los equipos, el abasto de partes o la documentación? ¿De qué forma se podrán documentar e identificar los cambios?

La administración del mantenimiento se debe realizar por medio de un programa con necesidades secuenciales, principalmente para poder realizar una buena administración del mantenimiento son necesarios 3 pasos:

1. La organización
2. La motivación
3. El control

Cada uno de estos puntos contiene una gran cantidad de información y actividades necesarias para una buena planeación y administración del mantenimiento.

### **Organización**

La organización del mantenimiento de una fábrica, se desenvuelve de una forma gradual y a lo largo de cierto periodo. Esta organización se establece como resultado de dicho desenvolvimiento, sea siguiendo un plan o por el azar mismo. Se trata de una estructura de relaciones

prácticas para ayudar a la consecución de los objetivos de la empresa. Es necesario llevar un programa de actividades para la iniciación del sistema de mantenimiento, puesto que si una actividad se implementa de forma caótica, el funcionamiento será de forma caótica también.

Será necesario llevar a cabo las tareas necesarias en un orden obtenido de forma analítica en función de su importancia y dificultad de ejecución, además de que deberán estar bien planeadas las tareas consecutivas con base en la complementación e interdependencia que pueden llegar a tener entre ellas.

Lo más importante es detectar y localizar la zona a la cual se le aplicará el programa de mantenimiento preventivo. Una vez delimitada el área, se debe analizar para determinar los elementos principales que la forman, y distinguir cada uno de los problemas presentados durante la producción y así poder realizar un diagnóstico correcto y determinar una oportuna solución.

## **Motivación**

En la actualidad, las empresas cuentan con maquinaria automatizada con sistemas complejos, cuya operación demanda cierto nivel de capacitación por parte de los operarios o supervisores, por lo que es necesario realizar capacitación en el personal encargado de la producción.

Debido a los rápidos avances en la tecnología, muchas veces no se tiene en cuenta la capacitación por parte de las empresas a los recursos humanos, lo que conlleva a conocimientos muy básicos de los operarios,

por lo que puede generar gran cantidad de problemas en la producción, desde paros no deseados hasta paros generales por fallas del sistema.

Todo esto repercute en un incremento de actividades y órdenes de trabajo en el mantenimiento y una forma de reducir estos problemas son “*cortando el problema desde la raíz*”, dando la capacitación necesaria a los operarios. Las capacitaciones dotan de mayor seguridad a los operarios y le da una gran motivación para realizar de mejor manera su trabajo, lo cual dará a la larga, grandes beneficios económicos a la empresa.

Es necesario para que este plan vaya en marcha, involucrar al operario en la implementación de un sistema de mantenimiento, para no generar acciones de choque y posibles hipótesis sobre recortes de personal, reducciones de salario, sino que por el contrario un beneficio también para ellos, pues al crecer la empresa están asegurando un mejor salario y unas condiciones de trabajo más seguras y de mejor calidad.

## **El Control**

El control se refiere principalmente a la evaluación del nivel de mantenimiento, un problema presentado generalmente en esta área es el costo de mantenimiento, se debe saber distinguir bien entre el costo real del mantenimiento y el óptimo. Uno de los propósitos de la administración del mantenimiento, consiste en reducir al mínimo la cantidad de horas-hombre por unidad de producción.

En la actualidad existe una tendencia hacia el empleo cada vez mayor de equipos complicados, lo que acentúa el problema del mantenimiento,

en estos casos es necesario realizar un análisis para saber realmente cuanto mantenimiento es necesario. Pero por otra parte, si se destinan pocos trabajadores al mantenimiento o si se determina un número adecuado pero el equipo con labora con eficacia, disminuirá el nivel de mantenimiento de la fábrica.

Por todo esto, deberá ser necesario realizar un control y un estudio para poder determinar el nivel de mantenimiento más alto posible, que es factible obtener sin incrementar el costo de mantenimiento. El nivel se obtiene por medio de un análisis de los informes de producción y tiempo. Habrá que determinar la pérdida monetaria causada por los diferentes aspectos de la industria como son, los costos por desperdicios, costo de mantenimiento, personal de mantenimiento y el costo actual de mantenimiento correctivo.

#### **4.3.4 Interrelaciones Funcionales Del Mantenimiento<sup>33</sup>**

El mantenimiento depende totalmente de la mantenibilidad, es imposible pensar que el mantenimiento pueda llegar a mejorar la mantenibilidad de un equipo sin realizar cambios físicos en su diseño, a lo mucho podrá llegar a incrementar las características de la mantenibilidad, implementando el programa de mantenimiento más económico y rudimentario.

El mantenimiento empieza desde las etapas iniciales de diseño del equipo. El principal problema presentado consiste en que la estrecha y

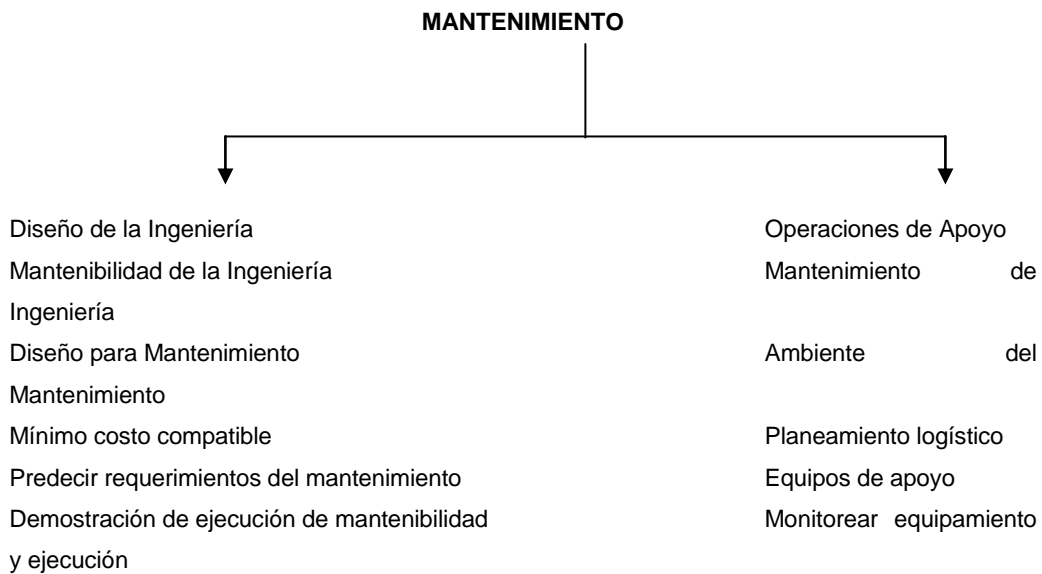
---

<sup>33</sup> UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS PUEBLA.

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/alarcon\\_g\\_jm/capitulo\\_3.html](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/alarcon_g_jm/capitulo_3.html)

complementaria relación entre el diseño de equipamiento y la mantenibilidad del mismo, no se ve reflejada en la cantidad de ingenieros de áreas de diseño interesados en el mantenimiento y en la mantenibilidad de sus productos.

Figura 1. Árbol interraccional del mantenimiento



Fuente. [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/alarcon\\_g\\_jm/capitulo\\_3.html](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/alarcon_g_jm/capitulo_3.html)

#### 4.3.5 Disponibilidad Del Mantenimiento<sup>34</sup>

Este puede ser uno de los indicadores del mantenimiento más utilizados, ayuda a dar una mejor percepción de la capacidad de realización y de mantenimiento de un proceso. Al realizar la compra de nuevos equipos, debemos tener mucho cuidado para poder determinar bien, el posible

<sup>34</sup> UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS PUEBLA.

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/alarcon\\_g\\_jm/capitulo\\_3.html](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/alarcon_g_jm/capitulo_3.html)

tiempo de operación de la máquina.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Posible tiempo de operación} - \text{Tiempo de reparación}}{\text{Posible tiempo de operación}}$$

Se debe resaltar que es muy importante la forma en la que se calculan estos tiempos, pues debido a la gran variedad de máquinas y complejidad de procesos de producción, los tiempos de trabajo y de reparación deben ser calculados principalmente con base en variables como la cantidad de horas promedio trabajadas, el número de días que se trabaja a la semana, la cantidad de horas que se trabaja en el día y algunas probabilidades de disponibilidad de personal de mantenimiento con base en los turnos en los que se presentan los problemas.

#### 4.3.6 Efectividad Del Mantenimiento<sup>35</sup>

Como se mencionó anteriormente, la mantenibilidad consiste en la efectividad con la que un equipo es mantenido. La efectividad del mantenimiento es usada para medir la mantenibilidad, y es una base muy útil para comparar diferentes equipos. La efectividad del mantenimiento se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Efectividad} = \frac{\text{Uso actual del equipo}}{\text{Esfuerzo requerido para el mantenimiento}} .$$

Las unidades deben de ser seleccionadas dependiendo del ambiente

---

<sup>35</sup> UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS PUEBLA.

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/alarcon\\_g\\_jm/capitulo\\_3.html](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/alarcon_g_jm/capitulo_3.html)

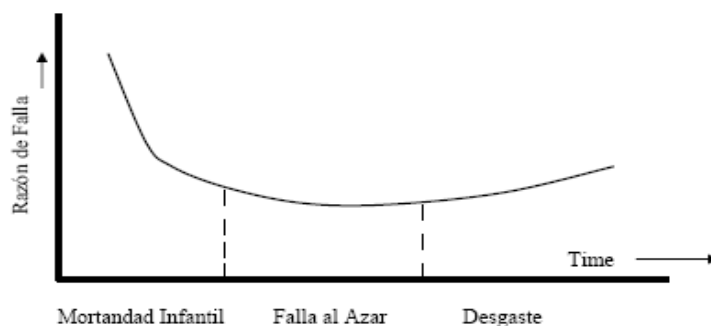
del equipo y un parámetro típico debe de ser: *Horas de operación por Horas de mantenimiento.*

#### 4.3.7 Fallas<sup>36</sup>

##### Patrones de Falla

Las fallas ocurren de muchas formas diferentes y por muchas diferentes razones, las razones de las fallas pueden ser totalmente al azar y cada una debe de ser tratada como un problema independiente, y obviamente es necesario un punto de unión o punto similar para el estudio y solución del problema. Para fallas de operación, ha sido aceptado generalmente por varios años la tabla llamada “*tina de baño*” para representar un patrón de falla típica, representada en la figura siguiente.

Figura 2. Tabla “Tina de Baño”



Fuente. [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/alarcon\\_g\\_jm/capitulo\\_3.html](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/alarcon_g_jm/capitulo_3.html)

<sup>36</sup> UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS PUEBLA.

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/alarcon\\_g\\_jm/capitulo\\_3.html](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/alarcon_g_jm/capitulo_3.html)

## Fallas de Ocurrencia Aleatoria

En un equipo bien diseñado y manufacturado, la mayoría de las fallas presentadas son completamente al azar, este tipo de fallas se encuentran ubicadas en la gráfica presentada de “*tina de baño*” en la parte más baja de la curva y para muchos propósitos esta parte puede ser tomada como constante. Matemáticamente es necesario usar la distribución de Poisson para obtener la probabilidad de las fallas y así poder obtener una prueba de probabilidad antes de echar a andar el equipo.

Si:

$$P = 1 - e^{-Ft}$$

Donde:

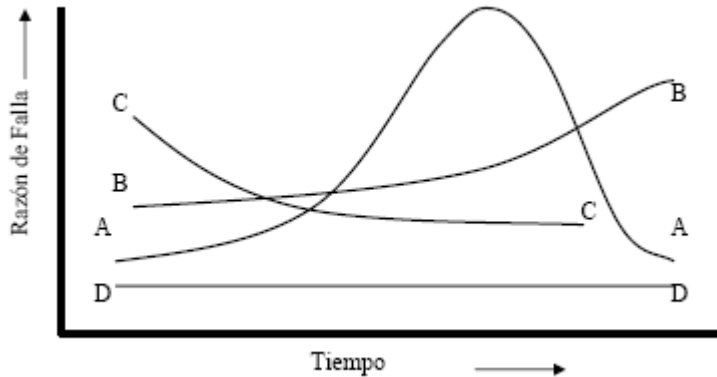
**P** = Probabilidad de falla en un tiempo  $t$ .

**F** = Tasa de falla.

**1/F** = Tiempo medio entre fallas.

Otras formas comunes de comportamiento de falla son las siguientes, como se muestran en la figura:

Figura 3. Patrones de diferentes tipos de fallas



Fuente. [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/alarcon\\_g\\_jm/capitulo\\_3.html](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/alarcon_g_jm/capitulo_3.html)

- La línea **A** representa una falla por desgaste, para un elemento de vida finita. Como en el caso de un foco que está garantizado para durar 1000 horas, pero la mayoría se funde antes de alcanzar el doble de ese valor.
- La línea **B** muestra un elemento con un patrón de falla de que esencialmente forma parte de las dos últimas secciones de la falla de las graficas *"tina de baño"*. Este tipo de curvas son aplicables a muchas partes mecánicas en movimiento, sujetas a desgaste gradual.
- La línea **C** demuestra una trayectoria correspondiente al primer tercio de la gráfica de *"tina de baño"*, la llamada zona de "mortalidad infantil". Este tipo de fallas se presenta en componentes eléctricos generalmente.
- La línea **D** puede ser usada usualmente para representar partes que fallan raramente, pero que están sujetas a daños o pérdidas durante el uso o el mantenimiento.

## **Análisis de Falla**

Debido a que diferentes componentes de un mismo equipo pueden registrar diferentes tipos de patrones de falla, entonces si se presenta un tipo de falla, de qué manera puede ser determinado el patrón de falla de una pieza.

El punto de partida para determinar el patrón, es realizar una regresión lineal, pero para este caso deberá de ser necesario una cierta cantidad de puntos o que los puntos no muestren un comportamiento muy aleatorio en la gráfica para poder encontrar un patrón confiable.

$$\text{Incremento de Fallas} = \frac{(A + 1) - B}{(C + 1) - D}$$

Donde:

**A** = Número total de elementos

**B** = Número total anterior de elementos de falla

**C** = Número total de elementos

**D** = Número total anterior de elementos del equipo

**Número de Fallas** = Número de fallas anterior + Incremento de Fallas

$$\text{Porcentaje de Fallas} = \frac{\text{Número de Fallas} - 0.3 \times 100}{\text{Número total de elementos} + 0.4}$$

#### **4.3.8 Estimación De Costos De Mantenimiento<sup>37</sup>**

Una etapa final de la demostración de mantenibilidad consiste en la preparación del costo de mantenimiento. Hasta ahora se habían nombrado mucho los términos de horas de mantenimiento, precio por hora de mantenimiento y costo de las partes, y es apropiado hablar de estos términos más a detalle. Las necesidades del administrador de mantenimiento y del contador de la compañía son muy diferentes.

##### **Horas de Mantenimiento**

El tiempo de los ingenieros de mantenimiento puede ser aplicado a diferentes actividades, y el administrador del mantenimiento individual deberá de tomar decisiones que deberán incluir las horas de mantenimiento, pero para las aplicaciones utilizadas se manejarán solo las horas actuales de trabajo por parte del equipo de ingenieros de mantenimiento.

##### **Distribución del Tiempo**

El tiempo de los ingenieros puede ser catalogado dentro de las siguientes categorías:

- Tiempo de trabajo
- Tiempo de viaje
- Tiempo de administración

---

<sup>37</sup> UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS PUEBLA.

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/alarcon\\_g\\_jm/capitulo\\_3.html](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/alarcon_g_jm/capitulo_3.html)

- Tiempo de espera
- Tiempo de no-disponibilidad

Todas estas categorías mencionadas contribuyen al costo por tiempo, directamente proporcional a los factores de uso del tiempo de trabajo.

### **Costo de Partes**

Las partes de un equipo pueden ser elementos internamente manufacturados, partes reparadas o ambos. Cada uno de las diferentes categorías en las que puede ser considerada una parte o refacción deberá ser reportada en las cuentas de la empresa.

#### **4.3.9 Costos De Ciclo De Vida<sup>38</sup>**

Los costos de ciclo de vida asociados con un equipo son los costos de adquirir, usar, mantener en estado de operación y de disposición final. También deben de incluir los costos de estudios de viabilidad, investigación, desarrollo, diseño, manufactura, instalación y asignación, operación, mantenimiento, emplazamiento y cualquier crédito para disponibilidad.

Puede ser establecido que:

**Costos de Ciclo de Vida = Costos de Operación + Costos de Propiedad**

---

<sup>38</sup> UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS PUEBLA.

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/alarcon\\_g\\_jm/capitulo\\_3.html](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/alarcon_g_jm/capitulo_3.html)

## **Costos de Operación**

Los costos de operación comprenden los costos directos de operación como son la energía, materiales y el trabajo realizado en la creación de productos o en la prestación de servicios.

## **Costos de Propiedad**

Estos incluyen todos los términos definidos anteriormente para los costos de ciclo de vida, con excepción de aquellos presentados en los costos de operación. Los costos de propiedad pueden ser subdivididos en 3 partes, los llamados costos de adquisición, costos de mantenimiento y costos de disponibilidad. De aquí se verá que los costos de propiedad son más importantes desde el punto de vista del mantenimiento.

### **4 3.10 Tiempo De Mantenimiento<sup>39</sup>**

El tiempo de mantenimiento es todo el tiempo que es cargado al departamento de mantenimiento y deberá ser pagado por el presupuesto designado para el mantenimiento.

La administración del tiempo de mantenimiento, habilita para tomar control sobre las actividades de mantenimiento que ocurren fuera del tiempo estipulado, además asegurar su efectividad.

*El Tiempo es Dinero*, este es un dicho muy antiguo pero muy utilizado

---

<sup>39</sup> UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS PUEBLA.

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/alarcon\\_g\\_jm/capitulo\\_3.html](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/alarcon_g_jm/capitulo_3.html)

por personas del trabajo, el propietario deberá pagar por el tiempo de estas personas, sin importar si la persona es productiva o si se levanta por una taza de café; o si el trabajo realizado es eficiente o ignorante y lento.

#### 4.3.11 Indicadores De Mantenimiento<sup>40</sup>

El tiempo medio entre fallas identifica la cantidad de veces que el equipo falla en un periodo de tiempo

$$TMEF = \frac{\textit{Tiempo medido}}{\# \textit{fallas}} \textit{ (horas)}$$

El tiempo medio de reparación tiene en cuenta las horas de los trabajos no planeados y el número de fallas

$$TMR = \frac{\textit{Duración del mantenimiento no planeado}}{\# \textit{fallas}} \textit{ (horas)}$$

Trabajos pendientes, BACKLOG, determina el tiempo en semanas requerido para finalizar los trabajos pendientes de mantenimiento teniendo en cuenta la cantidad de personas para su ejecución

$$\begin{aligned} \textit{BACKLOG} \\ = \frac{\textit{Horas hombre trabajos pendientes}}{\textit{Cantidad de personas * horas al día * días a la semana}} \end{aligned}$$

Horas Extras/Horas totales

$$\% \textit{ Extras} = \frac{\textit{Horas hombre extras}}{\textit{Horas hombre ejecutadas}}$$

---

<sup>40</sup> DOCUMENTOS ESPECIALIZACION GERENCIA MTO. L. MORA

Horas subcontratadas/ horas totales

$$\% \text{ Subcontratadas} = \frac{\text{Horas hombre subcontratadas}}{\text{Horas hombre ejecutadas}}$$

Ordenes planeadas / Ordenes totales

$$\% \text{ OT planeadas} = \frac{\# \text{ OT planeadas}}{\# \text{ OT Totales ejecutadas}}$$

Ordenes mantenimiento planeadas realizadas /ordenes programadas

$$\text{Ordenes planeadas ejecutadas} = \frac{\text{OT planeadas ejecutadas}}{\text{OT programadas}}$$

Ordenes mantenimiento no programado

$$\text{Ordenes no programadas} = \frac{\text{OT no programadas}}{\text{OT totales ejecutadas}}$$

Desviación presupuesto

$$\% \text{ Desviación presupuesto} = \frac{\text{Costos totales}}{\text{Costos planeados}}$$

#### **4.3.12 Software Para La Administración Computarizada Del Mantenimiento (CMMS)<sup>41</sup>**

Este es un tipo de mantenimiento, básicamente preventivo, que ha ido creciendo conforme se incrementa la cantidad de industrias que cuentan sistemas computarizados en las líneas de producción, así como

---

<sup>41</sup> TENDENCIAS EN EL DESARROLLO DE CMMS. <http://www.rcm2-soporte.com/documentos/RCM-Articulo-tendencia-desarrollo-CMMS-Dic-22-2010.pdf>

automatización en sus líneas.

Este tipo de mantenimiento se basa principalmente en la administración computarizada del mantenimiento por medio de un software (CMMS). Principalmente la idea es que por medio de este software se realice la planeación, administración y control de las acciones del mantenimiento.

La complejidad de estos programas es proporcional a la complejidad de la línea en cuestión, principalmente la idea consiste en realizar un programa de calendarización para poder llevar a cabo, cada una de las tareas de mantenimiento preventivo con un control de cada una de las actividades y áreas que tienen relación al mantenimiento y así volver más eficiente el sistema de mantenimiento y por consiguiente reducir los costos al evitar pérdidas de tiempo del equipo de mantenimiento.

### **El uso de tecnología de información (TI) en mantenimiento**

El mantenimiento pretende una buena gestión basada en planeación y programación; todas sus funciones pueden ser preparadas y desarrolladas manualmente o con ayuda de computadores. En algunos casos se ha descubierto que el procesamiento manual puede ser efectivo al tratarse de resultados, mas no de esfuerzos, y esto ha sido implementado y usado en muchas empresas y aún se le prefiere si las condiciones lo permiten. Este hecho, sin embargo, es discutible debido al bajo y decreciente costo del procesamiento de la información.

En la actualidad, los microcomputadores están bien preparados para cumplir las funciones que deben ser automatizadas, como una gran ayuda para aumentar la eficiencia y eficacia de casi todas las funciones empresariales. La nueva oportunidad que proporcionan las redes de microcomputadores, ofrece la posibilidad de construir una red integrada,

incluyendo un CMMS.

Con un sistema manual sólo existe disponibilidad de una cantidad limitada de información con considerable esfuerzo. Usando un sistema apoyado por equipo de procesamiento electrónico de datos, las actividades de los planeadores, supervisores y administradores que anteriormente eran manuales, son sustituidas por:

- Administración de las diferentes solicitudes planeadas, programadas y correctivas.
- Almacenamiento de los datos de actividades en documentos adecuados para su uso en la determinación de la condición de las instalaciones.

### **La Tendencia en los CMMS**

El uso efectivo de los sistemas computarizados para la administración de mantenimiento es fundamental para el mejoramiento de la empresa. Hasta hace poco, la noción de mejoramiento de mantenimiento se conformaba con llevar a cabo el trabajo sistemático lo más eficientemente posible. La orientación era ejecutar el trabajo, y no cuestionar por qué fue necesario por primera vez. Hasta hace poco, la mayoría de los sistemas computarizados eran aplicaciones “mainframe” diseñadas para generar órdenes de trabajo sistemáticas o de emergencia eficiente y consistentemente. La administración de activos, horas hombre, materiales, riesgos, documentos y costo fueron de importancia secundaria, y la capacidad analítica era en la mayoría de los sistemas muy limitada.

## **Beneficios y objetivos del uso de la tecnología en mantenimiento**

Todo el esfuerzo desplegado en estos desarrollos es retribuido con los siguientes beneficios:

Optimización de uso de mano de obra (productividad) manifestado en:

- Mejor planeación, programación y ejecución de las actividades.
- Aplicación de planes de mantenimiento.
- Mejor control de los recursos, debido a su conocimiento y dominio.
- Mayor cobertura con los mismos recursos.
- Mejor utilización de la mano de obra.
- Mejor uso de los materiales.
- Reducción de lucro cesante por interrupciones.

## **Selección de CMMS**

Adecuadamente seleccionados e implementados, los CMMS son una de las poderosas herramientas en cualquier organización; además, con la proliferación de opciones de software, los gerentes deben encarar, más y más la importante decisión de seleccionar el CMMS correcto.

Seleccionar el CMMS más apropiado debe ser un esfuerzo organizado y preciso, dirigido con el objetivo de implementar un sistema que provea planeación efectiva de mantenimiento e historiales. Los pasos básicos para seleccionar el CMMS adecuado son:

- Crear un equipo de selección del CMMS.
- Determinar la funcionalidad requerida y desarrollar las especificaciones en un documento.

- Solicitar propuestas a los proveedores escogidos y revisarlas.
- Solicitar a las propuestas finalistas la realización de una demostración del CMMS ofrecido.
- Seleccionar el CMMS.

La selección final debe estar basada en especificaciones y funcionalidades y no solamente en que el software se ajuste al computador o estructura de red, o en la propuesta más económica.

### **Implementación**

El número de empresas y compañías con CMMS se ha incrementado cada año, con variación en los niveles de resultados reportados con cada uno de los adquiridos. Debido a ello, se han revisado los errores de programación, las no concordancias del software/hardware y otro problema similar, que podría ser la causante de las implementaciones con éxito temporal o limitado.

#### **4.3.13 Tecnologías SIG<sup>42</sup>**

En esta parte se hace énfasis a las tecnologías SIG que conforman el contexto de trabajo de esta monografía.

### **Sistemas de Información Geográfica**

En la actualidad son muchos los sistemas de información que nos

---

<sup>42</sup> UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS PUEBLA.

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/lopez\\_a\\_aa/capitulo2.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/lopez_a_aa/capitulo2.pdf)

rodean. La principal función de ellos es el proveernos de herramientas que nos den soporte para la toma de decisiones. Particularmente, los Sistemas de Información Geográfica (SIG), son un tipo especializado de sistema que se distinguen por su capacidad de manejar información espacialmente referenciada, es decir, ligada a una localización específica de la tierra a través de sistemas de coordenadas, y que además permiten su visualización.

Se dice que son herramientas, porque ayudan a la formación de elementos de juicio para la toma de decisiones, después de que se han aprovechado sus funciones de captura, almacenamiento, refinamiento, análisis y visualización de la información.

Los SIG integran operaciones comunes de bases de datos tales como consultas y análisis estadísticos, con la visualización y los beneficios geográficos que son ofrecidos por los mapas. Estas características son las que distinguen a los SIG de los demás sistemas de información, los cuales amplían su uso en empresas públicas y privadas para explicar sucesos, predecir resultados y planificar estrategias relacionados con un dominio específico.

Los SIG pueden organizar y procesar datos provenientes de una gran cantidad de fuentes para su explotación. Por ejemplo, pueden procesar datos obtenidos de mapas, imágenes y fotografías, datos estadísticos generados a partir de análisis matemáticos, datos provenientes de sistemas *CAD (computer-assisted design)* y de bases de datos.

### **Concepto SIG**

La diversidad de los SIG ha propiciado la proliferación de una gran

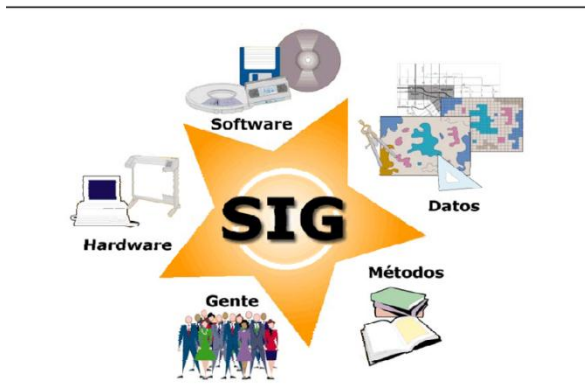
variedad de definiciones. Generalmente un usuario define un SIG de acuerdo al uso que éste le dé y a su propia experiencia y habilidades.

El instituto de investigación de sistemas ambientales (ESRI), define a un SIG como “una colección organizada de *hardware*, *software*, datos geográficos y de personal diseñada para capturar, almacenar, actualizar, manipular, analizar y mostrar eficientemente todas las formas de información referenciada geográficamente” [ESRI, 2004].

## Componentes

Para comprender mejor el funcionamiento de un SIG, es importante conocer cuáles son los componentes que lo constituyen. Un SIG se puede ver como una caja negra, pues manipula datos reales, en nuestro caso localizaciones de entidades en un espacio físico.

Figura 4. Componentes SIG



Fuente. [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/alarcon\\_g\\_jm/capitulo\\_3.html](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/alarcon_g_jm/capitulo_3.html)

**Hardware.** Es el equipo y los periféricos en los cuales el SIG opera, puede ser desde una estación de trabajo hasta un servidor centralizado.

Los equipos pueden operar en modo *stand-alone* ó *networked-configuration*. Algunos ejemplos de hardware pueden ser: computadoras, redes, dispositivos periféricos, impresoras, plotters y digitalizadores.

**Software.** Es el que provee las funciones y herramientas que el usuario necesita para almacenar, analizar, y mostrar la información geográfica. Los componentes de software clave son: Software SIG, Software de Bases de Datos, Software de Sistemas Operativos y Software de red, recordando que el Software SIG se considera al Software comercial y abierto.

**Datos.** Uno de los componentes más importantes de un SIG son los datos. Es absolutamente esencial que la información sea precisa. Algunos diferentes tipos de datos son: Datos vectoriales, Datos raster, Datos de imágenes, Datos de atributos.

**Gente.** La tecnología SIG es claramente de valor limitado sin la gente que administre el sistema y desarrolle planes para su aplicación. Los usuarios SIG pueden ser desde especialistas técnicos calificados hasta planeadores y analistas de mercado, quienes usen los SIG para ayudarse con sus tareas diarias. Ejemplo de gente SIG pueden ser: Administradores, Gerentes, Técnicos SIG, Expertos de aplicación, Usuarios finales, Consumidores, Geólogos, Urbanistas.

**Métodos.** Los métodos son planes bien diseñados y reglas de negocio específicas de la aplicación que describen como la tecnología es aplicada. Esto incluye: Pautas, Especificaciones, Estándares y Procedimientos.

## **5. ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA S.A. ESP<sup>43</sup>**

### **5.1 MISION**

Somos una empresa de Servicios Públicos Domiciliarios que satisface las necesidades de nuestros clientes con Productos y Servicios de calidad, garantizando la conservación de los recursos naturales, generando rendimientos económicos para asegurar su crecimiento y contribuir al desarrollo y bienestar de la comunidad.

### **5.2 VISION**

El Acueducto Metropolitano de Bucaramanga como empresa de carácter mixto, será una organización líder a nivel nacional en la operación, administración, comercialización y la prestación de servicios públicos domiciliarios con sus actividades conexas y complementarias; comprometidas con el Desarrollo Sostenible, generando valor empresarial y el reconocimiento de la comunidad.

### **5.3 PROPOSITO EMPRESARIAL**

Prestación de los servicios domiciliarios de acueducto y saneamiento básico, así como las actividades complementarias al mismo en las localidades que integran el área Metropolitana de Bucaramanga y

---

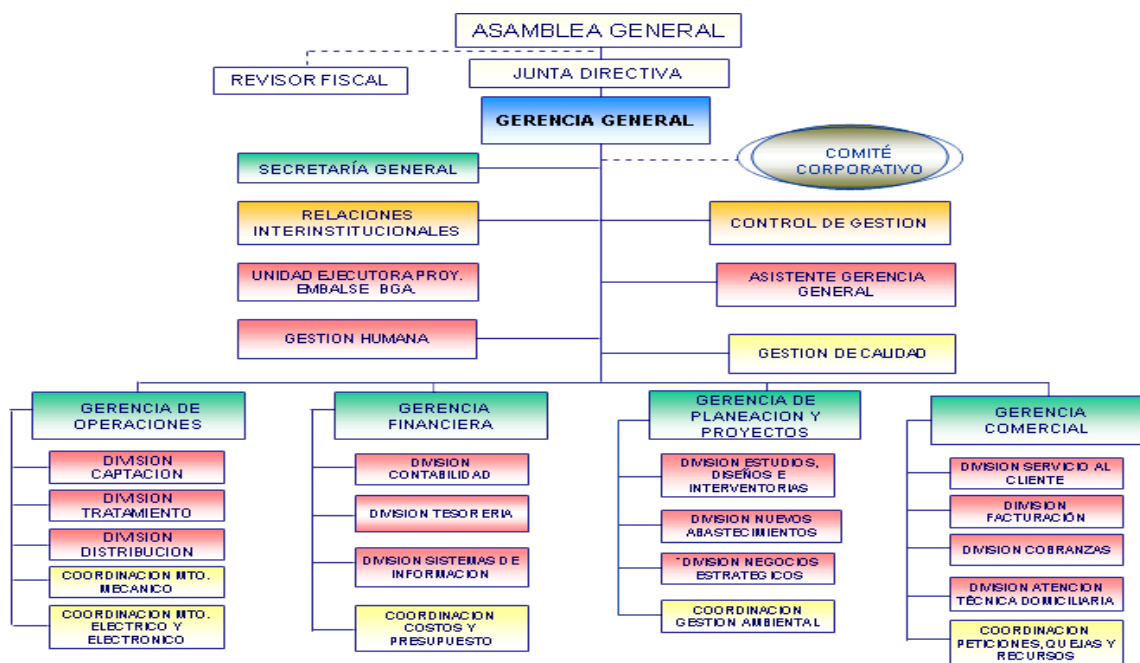
<sup>43</sup> ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA. (En línea) Bucaramanga, disponible en internet.  
URL:<http://www.amb.com.co/>

demás municipios vecinos a los cuales se extienda la prestación de estos servicios, y, en general, en cualquier lugar del país o del exterior, que, por vía contractual, se convenga en esta gestión.

Producir y distribuir aguas con valor agregado en forma complementaria y venta de energía en la medida en que su infraestructura genere este producto. Prestar servicios de asesoría y asistencia de carácter técnico, operativo, comercial, administrativo e institucional a sistemas de acueducto y saneamiento básico. Participar como socia de otras Empresas de Servicios Públicos. Asociarse con personas nacionales o extranjeras, formar consorcios, uniones temporales o cualquier tipo de asociación que la Ley permita.

## 5.4 ORGANIGRAMA

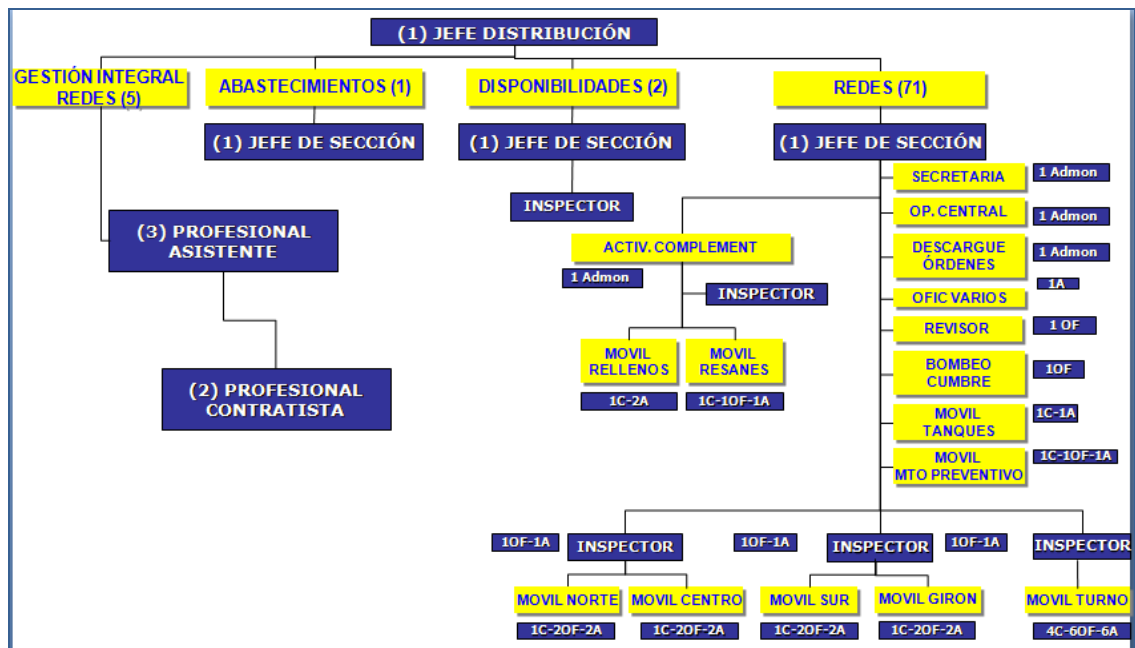
Figura 5. Organigrama del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga



Fuente: ACUEDUCTO METROPOLITANO DE BUCARAMANGA. (En línea) Bucaramanga, disponible en internet. URL: <http://www.amb.com.co/frmlInformacion.aspx?inf=24>

## 5.5 ESTRUCTURA ACTUAL DIVISIÓN DISTRIBUCIÓN

Figura 6. Organigrama de la División Distribución



Fuente. Autores del proyecto

### 5.5.1 Actividades del proceso

#### División Distribución:

El objeto de la División es Conducir, Distribuir agua potable y mantener la infraestructura de Distribución en el área de servicio.

**Sección Abastecimientos:**

El objeto de la sección de abastecimientos es el de suministrar agua en forma continua y controlar el abastecimiento para atender la demanda en el sistema de distribución del amb.

**Sección Disponibilidades:**

El objeto de la sección es de emitir concepto de factibilidad técnica sobre requerimientos de infraestructura para conceder servicio domiciliario de acueducto.

**Sección Redes:**

El objeto de la sección redes es el de operar y mantener las redes de distribución para garantizar la prestación del servicio.

**Gestión Integral de Redes:**

El proyecto gestión integral de redes, pretende optimizar el proceso de redes, incorporándole información técnica a los mantenimientos y herramientas computacionales para la optimización de los procesos y la reducción de pérdidas técnicas. El proyecto nace de un convenio con la universidad de los Andes en un sector piloto y que en la actualidad con personal del amb, se está implementando en toda el área de servicio.

## 5.5.2 Diagnóstico Estratégico sección redes (Matriz DOFA)

Figura 7. Matriz DOFA

<b>ASPECTOS FAVORABLES</b>	
<b>Internos (Fortalezas)</b>	
<b>1.</b>	Interes de la Alta Dirección por el mejoramiento del Proceso
<b>2.</b>	Proyecto "Gestión Integral de Redes Convenio Uniandes - amb"
<b>3.</b>	Personal interesado en desarrollar competencias (capacitación)
<b>4.</b>	Proceso Estandarizado y documentado
<b>5.</b>	Cultura de mejoramiento continuo (SGC)
<b>6.</b>	Respaldo económico para el desarrollo del Proceso (Presupuesto)
<b>7.</b>	Personal idóneo para la ejecución de las actividades del Proceso
<b>8.</b>	Apoyo de los diferentes procesos internos de la empresa
<b>Entorno (Oportunidades)</b>	
<b>1.</b>	Existencia de estudios especializados para mejorar las condiciones del Sistema
<b>2.</b>	Apoyo Interinstitucional para la solución de los trabajos (bomberos, policía, tránsito, defensa civil)
<b>3.</b>	Nuevas Tecnologías existentes en el mercado
<b>4.</b>	Asistencia mecánica y eléctrica oportuna

## ASPECTOS DESFAVORABLES

### Internos (Debilidades)

1.	Falencias en la planeación y organización del trabajo operativo
2.	Fallas en la comunicación (usuario-amb, personal operativo-central, personal operativo-call center)
3.	No existe reporte simultaneo cuando ingresa la solicitud al Sistema
4.	El manejo actual de los materiales no es el adecuado para la atención oportuna en la reparación del daño
5.	Horario de trabajo no permite la atención continua a las solicitudes
6.	Carencia de maquinaria y equipos para la ejecución de las Actividades Complementarias
7.	Carencia de equipos especializados para la aplicación de nuevas tecnologías

### Entorno (Amenazas)

1.	Falta de cultura preventiva para el mantenimiento del sistema
2.	Desabastecimiento de materiales en bodega
3.	Retrasos en la entrega del trabajo asignado a los contratistas
4.	Volumenes diarios altos de ordenes de trabajo

Fuente. Autores del proyecto

Del análisis realizado y de acuerdo con los indicadores de gestión, la situación más crítica se presenta en la atención de los daños en las redes de distribución (denominado mantenimiento correctivo) y en la oportunidad en la ejecución de las actividades complementarias, de acuerdo a la Matriz DOFA presentada anteriormente se generan los siguientes resultados:

#### Causas críticas:

- Falencias en la organización del trabajo operativo del proceso de redes.

- Ausencia de un procedimiento para el control de tiempos y movimientos del personal (trazabilidad).
- Falta de maquinaria, equipos y personal para la atención de las Actividades complementarias.
- Falencias en la idoneidad de los contratistas para ejecutar obras complementarias (reconstrucción pavimentos asfálticos)
- Fraccionamiento de los trabajos complementarios asociados al daño.

**Consecuencias:**

- Retrasos en la atención de las solicitudes de servicio.
- Dilatación en los tiempos de reparación integral al daño.
- Subutilización de los recursos físicos y humanos.

**Efectos:**

- Clientes insatisfechos.
- Pérdida de la imagen corporativa.
- Pérdida de credibilidad del proceso dentro de la empresa.
- Pérdidas económicas.

**Acciones estratégicas:**

- Establecer una metodología para la planificación de las labores asignadas al personal. (Sectorización de inspectores para ejercer una supervisión y asesoría sobre los trabajos realizados, programas de mantenimientos, comunicación efectiva a través de la retroalimentación con los demás procesos internos de la empresa, fomentar círculos de mejoramiento con el personal, entre otros)
- Gestionar recursos para la adquisición de maquinaria y equipo requerido para la ejecución de la reparación de los daños y sus actividades complementarias.

- Optimizar el recurso humano para la priorización en la atención de los daños (revisores en moto para cada una de las zonas).
- Elaboración y publicación de una programación mensual de turnos para el desarrollo de las actividades del proceso (normales y adicionales).
- Capacitación técnica y profesional para el personal del proceso.
- Elaboración de procedimientos para el control, manejo, seguimiento y responsabilidad de las órdenes de trabajo asignadas.
- Continuidad en la jornada laboral que permita mejorar rendimientos y eficiencia en la atención de órdenes.
- Dotación completa de materiales a los instaladores para la reparación de daños.
- Selección efectiva de contratistas idóneos para ejecutar la reconstrucción de pavimentos asfálticos.
- Puesta en marcha de las metodologías establecidas por la Gestión Integral de Redes para fortalecer el Proceso de Mantenimiento Preventivo a través del conocimiento y comportamiento del Sistema.
- Apoyo de los sistemas de información geográficos y plataformas web para la mejor planeación de los trabajos.

### **5.5.3 Esquema actual de operación Sección Redes**

Actualmente las estadísticas en los tiempos de atención de los servicios prestados por la Sección de Redes de Distribución, evidencian largos periodos de tiempo, lo cual se ve reflejado en el no cumplimiento de las metas de los indicadores de gestión, por tanto es prioridad de la Alta

Gerencia y de los responsables del proceso, plantear nuevas alternativas operacionales que promuevan la mejora para garantizar una atención oportuna a los daños presentados en las Redes del amb.

El desarrollo del presente informe se inicia con la elaboración de una MATRIZ DOFA, con el fin de generar planes de acción que permitan evidenciar mejoras y luego de un análisis concienzudo por parte de los responsables del proceso. Se llegó a la conclusión que los tiempos de atención se pueden reducir con la puesta en marcha de esquemas operativos basados en el uso de tecnologías de información, tales como EXTREME CONTROL.

Posteriormente se expone el esquema actual de organización y proceso operativo de la sección, luego se muestran algunas estadísticas de tiempos de atención y reparación de daños y actividades complementarias como parte de unas métricas definidas.

Figura 8. Esquema Actual operativo y administrativo Sección Redes

PERSONAL ADMINISTRATIVO / ESQUEMA ACTUAL							
JEFE REDES DE DISTRIBUCIÓN							1
PROFESIONAL DE APOYO							1
ASISTENTE ADMINISTRATIVO							1
AUX. ADMINISTRATIVO No.4							1
AUX. ADMINISTRATIVO No.3							1
<b>TOTAL PERSONAL ADMON</b>							<b>5</b>

PERSONAL OPERATIVO / ESQUEMA ACTUAL							
CARGO	CANTIDAD DISPONIBLE			CANTIDAD REQUERIDA			
	EN NOMINA	EN VACACIONES	REAL	MOVILES (L-V 7:00 a 11:45am y 1:55pm a 6:00pm)	MOVILES TANQUES (L-D 7:00 a 11:45am y 1:55pm a 6:00pm)	MOVIL TURNO (L-D 24 hr)	MOVILES COMPLEMENTARIAS
CONDUCTORES	13	-2	11	4	1	4	3
REVISOR	1	0	1	1	0	0	0
OFICIALES	23	-2	21	13	0	6	1
AYUDANTE	28	-3	25	13	1	6	5
INSPECTORES	4	0	4	3	0	0	1
<b>TOTAL PERSONAL OPERATIVO</b>	<b>69</b>	<b>-7</b>	<b>62</b>	<b>34</b>	<b>2</b>	<b>16</b>	<b>10</b>
	<b>62</b>			<b>62</b>			

Fuente. Autores del proyecto

## Personal Disponible actual para reparación de daños

Figura 9. Personal disponible actual para reparación de daños

DÍA Y HORARIO HABIL								
	M. TURNO	M. NORTE	M. CENTRO	M. SUR	M. GIRON	M. EMPALMES	REVISOR	TODOS
CONDUCTORES	1	1	1	1	1	0	0	5
REVISOR	0	0	0	0	0	0	1	1
OFICIALES	2	2	2	2	2	4	0	14
AYUDANTE	2	2	2	2	2	4	0	14
INSPECTORES	0	0	0	0	0	3	0	3
TODOS	5	5	5	5	5	11	1	37

DÍA HABIL / HORARIO NO HABIL	
	M. TURNO
CONDUCTORES	1
REVISOR	0
OFICIALES	1
AYUDANTE	1
INSPECTORES	0
TODOS	3

DÍA NO HABIL	
	M. TURNO
CONDUCTORES	1
REVISOR	1
OFICIALES	2
AYUDANTE	2
INSPECTORES	0
TODOS	6

Fuente. Autores del proyecto

## Distribución actual de vehículos

Figura 10. Esquema actual de distribución de vehículos

VEHICULOS / ESQUEMA ACTUAL								
TIPO VEHICULO	CANTIDAD DISPONIBLE			CANTIDAD REQUERIDA				
	EN INVENTARIO	EN MANTENIMIENTO	REAL	MOVILES (L-V 7:00 a 11:45am y 1:55pm a 6:00pm)	MOVILES TANQUES (L-D 7:00 a 11:45am y 1:55pm a 6:00pm)	MOVIL TURNO (L-D 24 hr)	MOVILES COMPLEMENTARIAS	TOTAL
CAMIONETA DE ESTACA	6	0	6	4	0	2	0	6
VANS	4	0	4	1	1	2	0	4
DOBLE CABINA	1	1	0	1	0	0	0	1
CAMION TURBO	1	0	1	0	0	0	1	1
FURGON	1	0	1	1	0	0	0	1
VOLQUETA	2	0	2	0	0	0	2	2
MOTOS	4	1	3	3	0	0	1	4
<b>TOTAL</b>	<b>19</b>	<b>2</b>	<b>17</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>19</b>

Fuente. Autores del proyecto

## Flujo de Actividades Diarias

Las actividades se subdividen en dos partes: administrativa y operativa. Para analizar el flujo de actividades, se hace necesario desglosarlas durante la jornada de trabajo normal la cual va desde las 7:00 hasta las 11:45 y desde la 13:55 hasta las 18:00. Para el caso de los fines de semana y horarios nocturnos, se atienden las actividades sin área administrativa y con móviles por turnos de 8 horas, empezando de 7:00 a 15:00, de 15:00 a 23:00 y de 23:00 a 7:00.

Figura 11. Flujo de actividades diarias – personal operativo y administrativo

TRABAJADOR OPERATIVO				AUX. ADMINISTRATIVO (RADIO-OPERADORA)			
TIEMPO		ACTIVIDADES DIARIAS	HORAS EFECTIVAS REPARACION	TIEMPO		ACTIVIDADES DIARIAS	
07:00	a.m.	07:30	a.m.	Recepcion ordenes de trabajo			
07:30	a.m.	08:00	a.m.	Retiro de material (menor a 3")			
08:00	a.m.	08:30	a.m.	Desplazamiento sitio dano			
08:30	a.m.	11:00	a.m.	Ejecucion trabajo			2:30 HORAS
11:00	a.m.	11:45	a.m.	Desplazamiento a la central			
11:45	a.m.	01:55	p.m.	Almuerzo			
01:55	p.m.	02:30	p.m.	Recepcion OT / Retiro material			
02:30	p.m.	03:00	p.m.	Desplazamiento sitio del dano			
03:00	p.m.	05:00	p.m.	Ejecucion trabajo			2:00 HORAS
05:00	p.m.	06:00	p.m.	Desplazamiento a la central			
<b>8:50 HORAS DIARIAS</b>							<b>4:30 HORAS</b>
06:45		a.m.	07:00	a.m.	Recepcion de OT Movil de turno		
07:00		a.m.	07:30	a.m.	Entrega OT Moviles		
07:30		a.m.			Generando, reportando y recibiendo resultado de las OT		
			11:45	a.m.			
11:45		a.m.	01:55	p.m.	Almuerzo		
01:55		p.m.			Generando, reportando y recibiendo resultado de las OT		
			06:00	p.m.			
<b>9:05 HORAS DIARIAS</b>							

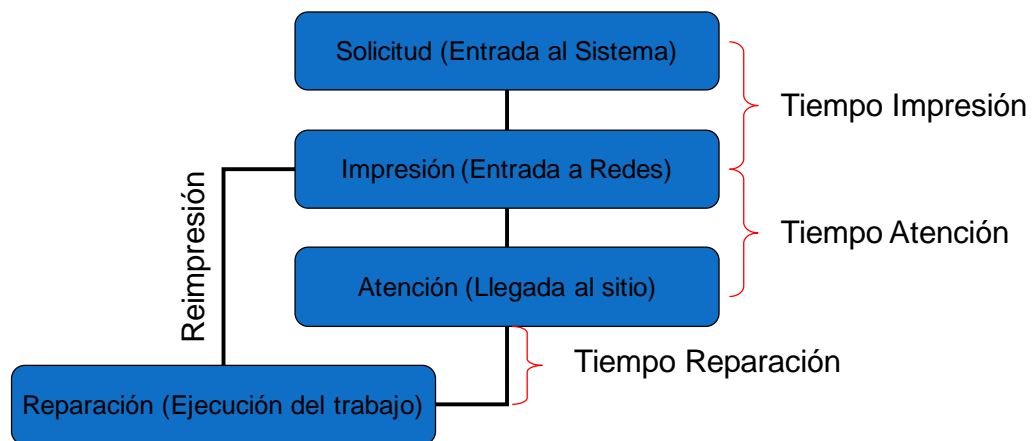
Fuente. Autores del proyecto

## Análisis Tiempos de Ejecución

El mecanismo de entrada, son las llamadas de los suscriptores informando posibles problemas con el servicio. Estas llamadas son recibidas por el call center, y a través de una encuesta sobre lo observado por parte del que reporta el servicio, genera en caso de ser necesario, una Orden de trabajo direccionándola posteriormente al área que corresponda. Para nuestro caso, cuando se generan órdenes por fugas en las redes, deben ser atendidas por la sección de redes.

Una vez ingresan en la competencia de la sección se establecen los diferentes tiempos de ejecución así:

Figura 12. Cálculo de Indicador Tiempo de Ejecución



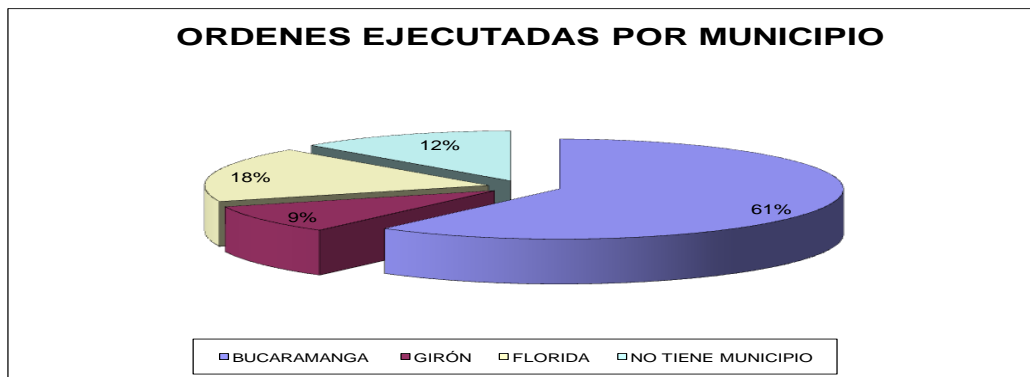
$$\text{Tiempo Ejecución} = \text{Tiempo Impresión} + \text{Tiempo Atención} + \text{Tiempo Reparación}$$

Fuente. Autores del proyecto

Para graficar las órdenes de trabajo espacialmente, se encontraron problemas con la georeferenciación de los clientes, ya que en el sistema de información aún se encuentran editados usuarios sin

municipio, es por ello que se definió con la Gerencia Comercial del amb la localización por medio de GPS de los usuarios pendientes de georeferenciar, así como el mecanismo de inclusión de los nuevos suscriptores. La inclusión en el sistema de información de la georeferenciación de los clientes, permite realizar un análisis a los mantenimientos de redes realizados.

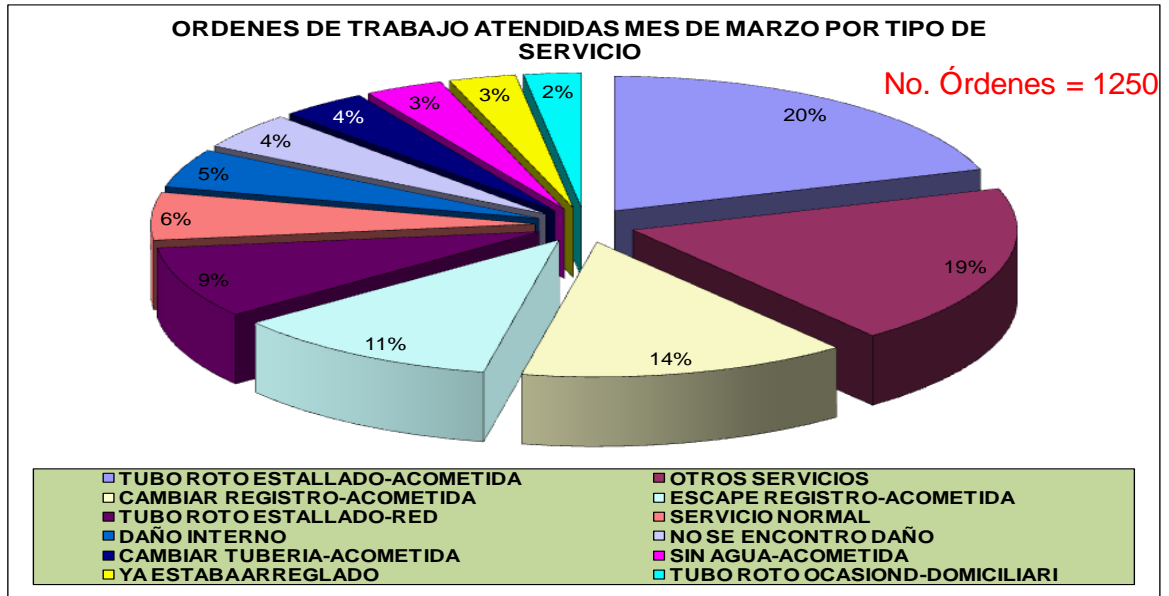
Figura 13. Ordenes de Trabajo Ejecutadas por municipio a Marzo de 2010



Fuente. Sistema de Información SII++ amb

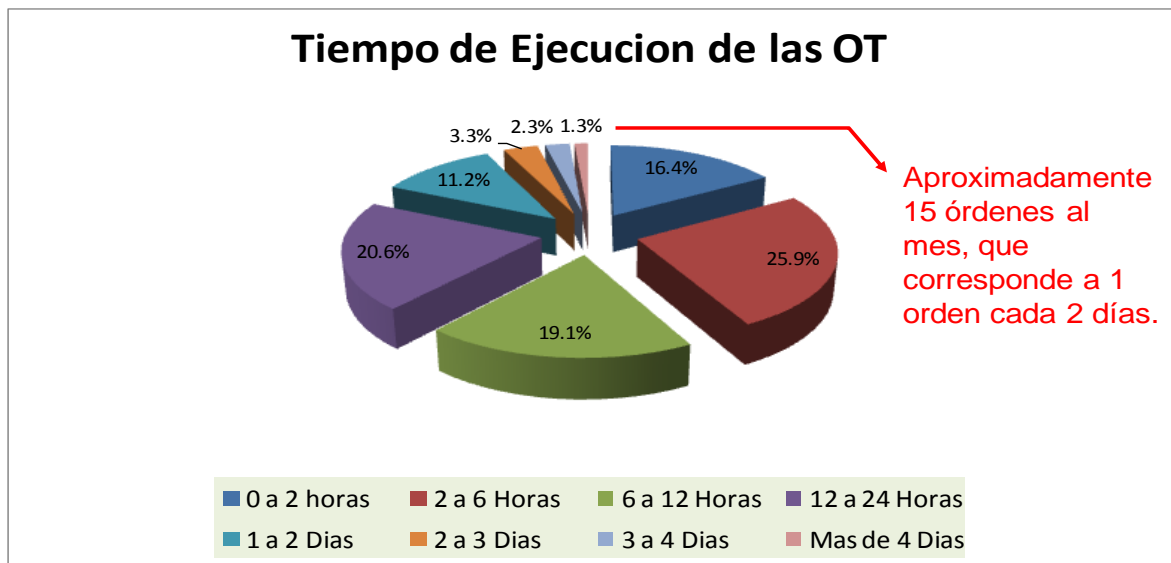
La caracterización de los tipos de servicio está sujeta a la experticia del operador de campo o de la auxiliar del Call Center quien recibe la solicitud por parte del usuario afectado.

Figura 14. Órdenes de Trabajo Atendidas por Tipo de Servicio a Marzo 2010



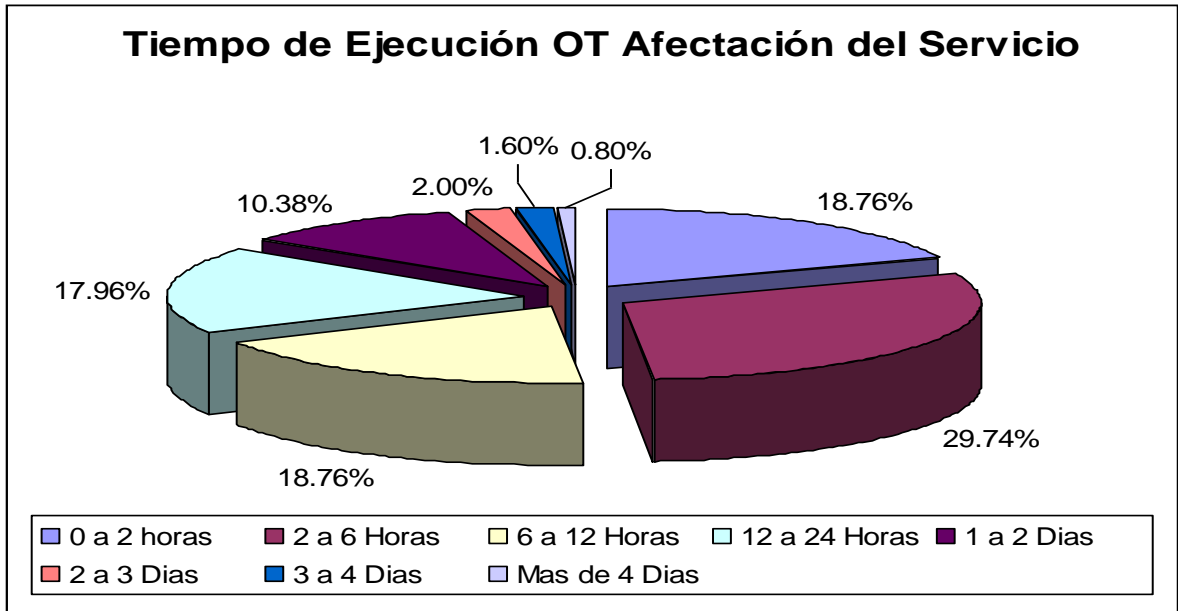
Fuente. Sistema de Información SII++ amb

Figura 15. Tiempo de Ejecución de las Órdenes de Trabajo a Marzo 2010



Fuente. Sistema de Información SII++ amb

Figura 16. Tiempo de Ejecución OT con Afectación del Servicio



Fuente. Sistema de Información SII++ amb

Los tipos de servicio que se consideran que afectan directamente la prestación del servicio domiciliario de acueducto son:

- Sin agua red
- Tubo roto estallado red
- Tubo roto ocasionado domiciliaria
- Tubo roto ocasionado matriz
- Poca presión red
- Tubo roto estallado acometida
- Medidor estallado acometida
- Medidor robado acometida
- Poca presión acometida
- Sin agua acometida

A la hora de realizar mantenimientos sea cual sea su naturaleza, es importante ser efectivos a la hora de responder a los mismos, no solo a la hora de atender los trabajos, sino también a la hora de ejecutarlos.

Figura 17. Consolidado de Tiempos Promedio de Respuesta Marzo 2010

Actividad	Tiempo Promedio (Horas)
Impresión	1.2
Atención	13.3
Reparación	1.5
Total	16.0

Ausencia de un Sistema de Información en tiempo real e interfaz gráfica.

Se debe modificar la asignación de personal y mejorar el control de los trabajos.

Fuente. Sistema de Información SII++ amb

### Continuidad del Servicio

Es importante recalcar que algunos indicadores de afectación son calculados con base en el conocimiento empírico de los operadores de campo, información que no siempre es precisa; ejemplo de ello es el cálculo del indicador de continuidad del servicio, del cual de manera empírica se calcula la cantidad de usuarios afectados por un evento, ya que no se establecen ni se registran las operaciones efectuadas en campo (operación y/o cierre de válvulas), ni se hace seguimiento a aquellos tiempos muertos durante la realización de los trabajos.

## **6. DISEÑO SISTEMA DE INFORMACIÓN Y DIGITALIZACIÓN DE REDES – SIIDAR –SIGIR**

La División Distribución es pionera a la hora de contar con sistemas de información para gestionar sus procesos y procedimientos, ejemplo de ello son el Sistema de Información y Digitalización de Redes (SIIDAR) y el Sistema de Información de la Gestión Integral de Redes (SIGIR), que como aplicaciones cliente/servidor permiten visualizar y administrar proyectos de mejora continua, para el manejo de la información de los procesos operativos de mantenimientos, macromedición de caudal y presión, administración del catastro de redes y urbanístico del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga.

### **6.1. FUNCIONALIDADES DEL SOFTWARE**

El Sistema de Información y Digitalización de Redes (SIIDAR), es un aplicativo desarrollado para la administración adecuada de los diferentes elementos que intervienen en el diseño y almacenamiento de la información sobre los planos de la red de distribución del amb. Algunas de sus funcionalidades son:

- Diseño de elementos de redes de acueducto (tubos, codos, uniones, Tees, tanques de almacenamiento, bombas, medidores de caudal, medidores de presión, etc).
- Almacenamiento de información alfanumérica adjunta a los elementos gráficos de tal manera que el proceso de consulta sea dinámico.

- Administración de información y consulta vía web.
- Diseño de una planilla de contratistas para importar información de actividades realizadas por personal externo.
- Generación con base en el estado del catastro de redes, de modelos hidráulicos bajo la plataforma de EPANET (software gratuito de simulación de redes de distribución de agua).
- Generación de informes operativos para entidades del estado.
- Generación de coberturas shape para ser visualizadas y manipuladas en aplicaciones SIG.

Figura 18. Formulario de fichas técnicas de hidrantes aplicación SIGIR

**Ficha Técnica Hidrante**

**Datos Ubicación Hidrante**

Consecutivo Sistema: 10

Ident. SIIDAR:


Localización: Calle 63 con Carrera 30 Conucos I Etapa Diagonal Cll

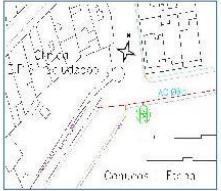
Ubicación:

Coordenada X:

Coordenada Y:

Coordenada Z:

Registro Fotográfico: 

Plano Geográfico Ubicación: 

**Datos Básicos Hidrante**

Marca:

Clase Hidrante:

Material Cuerpo Hidrante:

Díametro Efectivo Hidrante (pulg):

Periodo:

Material Tuerca de Operación:

Tipo de Sello:

Bocas:

Díametro Tubo Alimentador:

Tipo de Llave:

Sector:

Clase:

Punto WayPoint GPS:

Fecha Última Actualización:

Fecha Instalación:

Fecha Última Revisión:

**Estado Hidrante**

**Hermeticidad:**  Bueno  Regular  Malo

**Válvula Aislamiento de Red:**  Bueno  Regular  Malo

**Estado del Vastago:**  Bueno  Regular  Malo

**Accesibilidad:**  Bueno  Regular  Malo

**Diagnostico Caja Válvula:**  Bueno  Regular  Malo

**Pintura:**  Bueno  Regular  Malo

**Inspección Tapa Roscada:**  Bueno  Regular  Malo

Base Hidrante:

Boquillas:

Presión Trabajo Hidrante (psi):

Hora:

Material Vastago:

Observaciones:

Fuente. Software SIGIR amb

El Sistema de Información de la Gestión Integral de Redes SIGIR, es un software de propiedad del amb desarrollado con el fin de administrar y sistematizar información, procesos y procedimientos de la División Distribución, y cuenta con las siguientes funcionalidades.

- Administración de fichas técnicas de los elementos visibles de la red de distribución de agua (hidrantes, tanques, válvulas reguladoras)
- Cargue, administración y generación de información referente a las mediciones por rotación de presión y caudal que se realizan alrededor del Área Metropolitana de Bucaramanga.
- Administración de la información asociada a los proyectos de los urbanizadores con el fin de dar seguimiento a los tiempos de revisión y digitalización de los mismos.
- Generación de información para entidades de control del estado (Superintendencia de Servicios Públicos).

Figura 19. Formulario de fichas técnicas de válvulas reguladoras aplicación SIGIR

**Ficha Técnica Válvula Reguladora**

**Datos Estación Reguladora**

Consecutivo Sistema: 28

Ident. SIIDAR:

Localización:

Ubicación:

Coordenada X:

Coordenada Y:

Coordenada Z:

Nombre:

Sector:

Fecha Instalación:

Registro Fotográfico: 

Plano Geográfico Ubicación: 

Marca y Proveedor:

Setting:

Altura Estática:

Caudal Medio (lps):

Cv:

Presión de Entrada Mín:

Presión de Entrada Máx:

Presión de Salida Mín:

Presión de Salida Máx:

**Datos Campo**

Fecha levantamiento:

WayPoint GPS:

Diam.(in) y Material Tub.Salida:

Diam.(in) y Material Tub.Estación:

Ancho Caja (mts):

Alto Caja (mts):

Largo Caja (mts):

**amb Gestión Integral de Redes**

Fuente. Software SIGIR amb

## 6.2. SISTEMAS DE DATOS ACTUALIZADOS

Para el desarrollo continuo de las actividades de mantenimiento de la División de Distribución, se hace necesario llevar bases de datos actualizadas de los elementos visibles de la red de distribución, información que sea confiable, integral y disponible en todo momento, para todos los profesionales involucrados en los procesos; para este caso en particular, se tomará ejemplo de dos elementos como son los

hidrantes y las válvulas reguladoras, de tal manera que se pueda dar un indicio del tipo de tratamiento que se da a dicha información.

### 6.2.1 Hidrantes

“Son una toma de agua diseñada para proporcionar un caudal considerable en caso de incendio”<sup>44</sup>. Para estos elementos, se han realizado visitas de campo, con el fin de recoger información, ya sea en planillas físicas ó por medio de dispositivos electrónicos conectados con las bases de datos del amb.

La información de la que se dispone dentro la ficha técnica de los hidrantes es la siguiente:

- Identificador único del elemento
- Localización (Dirección)
- Localización espacial en el sistema de coordenadas MAGNA-SIRGAS
- Fotografía del elemento
- Diagrama de esquina
- Marca del hidrante
- Clase de hidrante
- Material
- Diámetro
- Tipo de sello
- Tipo de llave
- Sector hidráulico al que pertenece
- Fecha última revisión

---

<sup>44</sup> Hidrante. [http://es.wikipedia.org/wiki/Hidrante\\_de\\_incendio](http://es.wikipedia.org/wiki/Hidrante_de_incendio)

A su vez se cuenta con información referente al estado del elemento, dichos datos son actualizados periódicamente por el personal de mantenimiento y cargados al sistema por los responsables del proceso. De igual manera el hecho de conocer este tipo de información permite dar parámetros y gestionar actividades de mantenimiento de una manera más efectiva, de tal forma que se ahorran esfuerzos y recursos a la hora de ser oportunos con los mantenimientos.



### **6.2.2 Válvulas Reguladoras**

Para los efectos de las válvulas reguladoras se realiza un procedimiento similar de levantamiento de información, que difiere en el hecho de que se realizan mediciones periódicas de la presión aguas arriba y aguas abajo de la válvula, y durante la ejecución de dichas actividades de monitoreo, se actualiza la información de estos elementos.

Los datos de los que se disponen para las válvulas reguladoras son:

- Identificador único
- Dirección
- Ubicación espacial
- Nombre asignado
- Sector hidráulico al que pertenece
- Marca y proveedor
- Setting
- Altura estática
- Caudal Medio (litros por segundo)
- Presiones de entrada y salida
- Diámetros de las tuberías de entrada y salida
- Especificaciones de la caja donde se encuentra la válvula

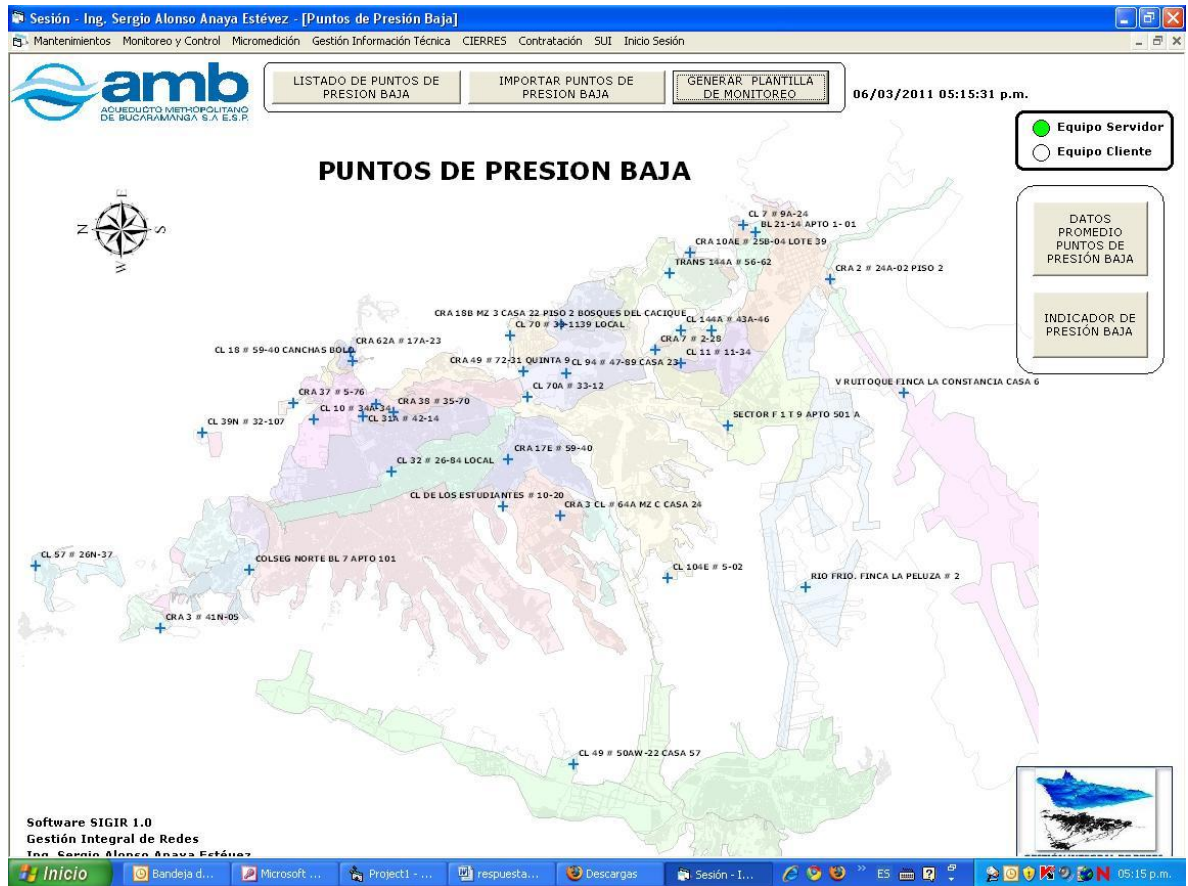
En el siguiente ítem, se podrá ver el procedimiento de actualización de esta información y de generación de hojas de vida para procesos de gestión de mantenimiento.

### **6.3 ACTUALIZACIÓN Y GENERACIÓN DE HOJAS DE VIDA DE LOS ELEMENTOS DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN**

Con el desarrollo de los aplicativos SIIDAR y SIGIR se hizo posible centralizar la información sobre los elementos visibles de la red, ya no existe excusa para no disponer de dicha información; es por ello que se dispuso de un plan de mantenimiento preventivo – correctivo que llevara a consolidar una metodología para el levantamiento de la información en una primera instancia de los hidrantes y de las válvulas reguladoras.

Desarrollado el plan que consiste en, disponer de datos almacenados para programar recorridos periódicos por el área de servicio, con el fin de obtener la información antes descrita sobre los elementos de la red, responsabilidad que recae sobre el profesional asistente en mantenimiento preventivo, el profesional contratista especializado en sistemas de información y dos auxiliares operativos de la sección de redes, quienes efectúan dichos recorridos y que diligencian la información en planillas físicas, las cuales posteriormente son descargadas e importadas al aplicativo SIGIR y SIIDAR.

Figura 21. Formulario de edición y consulta de las mediciones de los puntos de presión baja del Área Metropolitana de Bucaramanga



Fuente. Software SIGIR amb

De igual forma, el desarrollo de estas actividades dio pie a la adquisición de nuevos recursos físicos y tecnológicos que permiten la confiabilidad de la información, tal es el caso de los dispositivos de localización geográfica (GPS), instrumentos de medición de presión y caudal, así como equipos de computo con potencial suficiente para la administración de volumen de información.



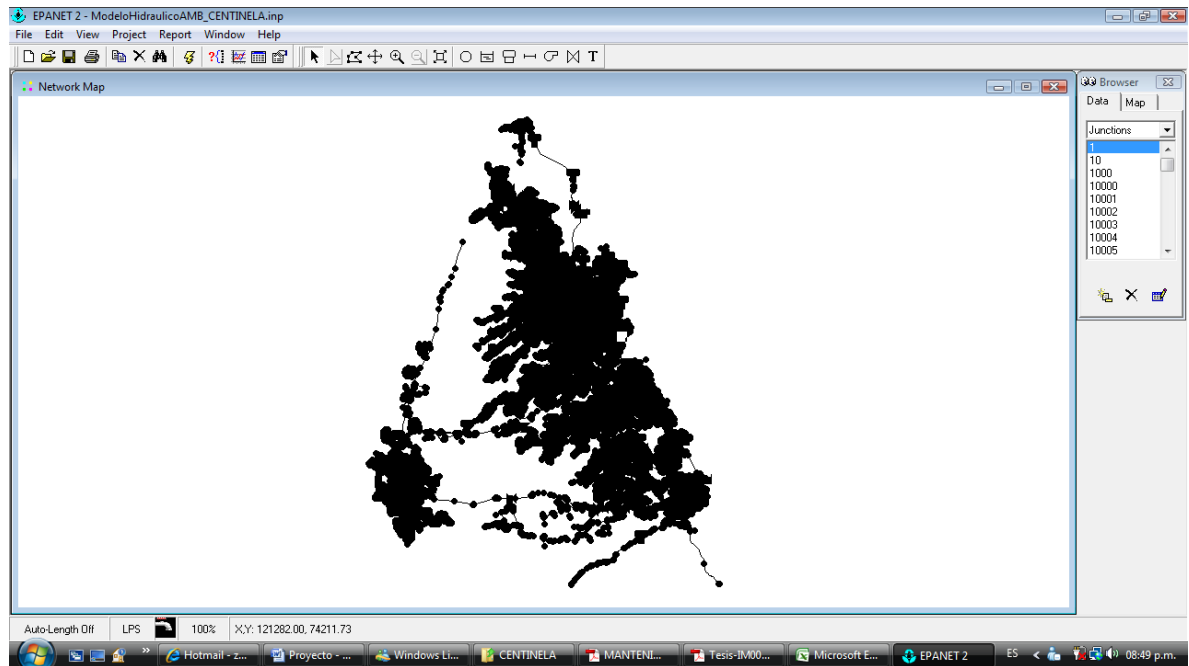
Todas estas actividades han sido la base para el desarrollo del plan de mantenimiento preventivo del amb, donde se ha demostrado eficiencia y eficacia, que implica una continuidad en las actividades y en los resultados.

#### **6.4. GENERACIÓN DE MODELOS HIDRAULICOS**

Para el amb la importancia de los modelos matemáticos de redes de distribución, se encuentra enfocada a la mejora continua en la gestión del mantenimiento, por lo tanto, el análisis de la información que en los modelos se considera, así como el proceso de calibración de los mismos es fundamental.

Uno de los usos más importantes del agua, es que se suministra para consumo humano en ciudades y centros urbanos. En este sentido, el modelo se convierte en el elemento fundamental a la hora gestionar la red de distribución de agua, de la que dependen aspectos tan importantes como la presión, cantidad y calidad del servicio, la eficiencia en el suministro o la calidad de la propia agua para el consumo humano.

Figura 23. Modelo hidráulico de la red de distribución de acueducto del Área Metropolitana de Bucaramanga



Fuente. Amb

Por otra parte, la red de distribución es un ente complejo en sus aspectos de gestión, y que conlleva implicaciones sociales (especialmente relacionadas con la calidad de suministro y estado del bienestar) a la vez que medioambientales por lo que supone de consumo de recursos y energía. Incluso para redes sencillas, se hace necesario disponer de un modelo de simulación bien ajustado a la realidad como herramienta de trabajo.

En este sentido, la utilización de modelos como herramienta de representación del funcionamiento de la red de distribución de agua para la correcta gestión del abastecimiento es una práctica generalizada, especialmente considerando la complejidad que presenta la red cuando el abastecimiento suministrado es de envergadura y el

sistema hidráulico a modelar se hace más y más complejo. La bibliografía, el mercado y la experiencia están llenos de ejemplos de la utilidad de los modelos en estos menesteres y los buenos resultados que proporcionan.

En la actualidad, el uso de los modelos para la representación de sistemas está completamente generalizado. Desde los modelos físicos hasta los más complejos modelos numéricos de simulación computacional, son una herramienta imprescindible en la gestión de estos sistemas, por dos razones principalmente: el modelo permite la representación en forma continua en el espacio y en el tiempo de lo que ocurre en el sistema (con mediciones, siempre se tiene una representación discreta de lo que ocurre); y por otro lado el modelo es susceptible de representar escenarios que no han ocurrido todavía, por disparates de la realidad actual que estos sean, lo que permite conocer el comportamiento, en este caso de la red, en situaciones futuras o bajo supuestos sustancialmente diferentes.

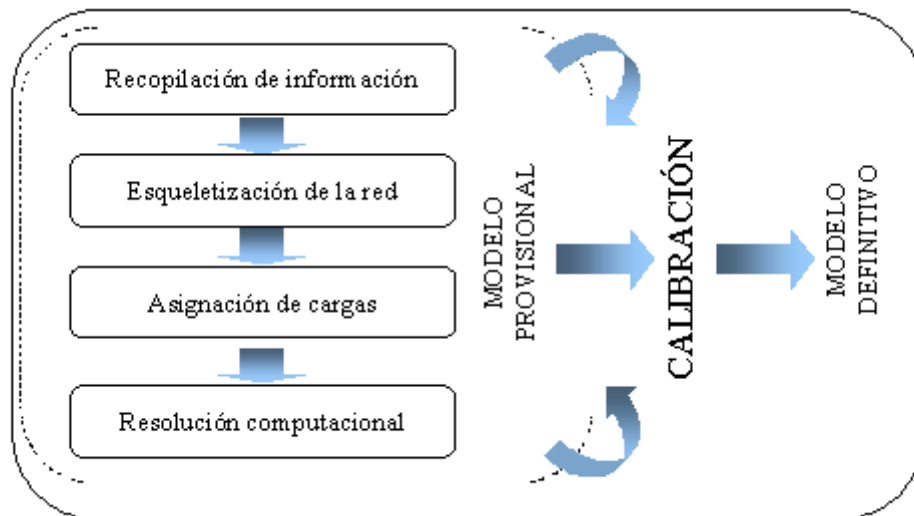
Modelar una red requiere el tratamiento de una gran cantidad de información. Con los avances tanto de la computación como de las técnicas de análisis de redes, el problema de incluir todas las líneas que en realidad se presentan en la red, se elimina. Sin embargo persiste la necesidad de la precisión de los datos de entrada para que la fiabilidad del modelo se asegure. Incluir toda la red en el modelo supone modelar hasta las acometidas de los edificios, cuya información es tan difícil de modelar como imprecisa.

Así bien, si la opción es desarrollar un modelo estratégico de la red, el grado de detalle deberá relegarse a un número de líneas y nudos cuyo

comportamiento sea equivalente al de todo el sistema. Una parte importante de los campos de toma de decisiones será cómo realizar esta simplificación.

La modelación de la red de distribución, está muy ligada al análisis de la información que en ella se genera y a la propia resolución de las ecuaciones del modelo.

Figura 24. El proceso de modelación de la red de distribución.



Fuente. Autores del proyecto

La *Recopilación de información*, es uno de los factores determinantes en la confección del modelo matemático. La disponibilidad y fiabilidad de los datos así como una herramienta adecuada para su tratamiento son cruciales para la buena modelación. La información recopilada en el modelo hidrodinámico puede agruparse en:

- Datos cartográficos: principalmente conteniendo modelos del terreno y cartografía con información detallada de las calles y las infraestructuras en ellas presentes.
- Datos descriptivos de la red
- Datos de clientes: facturaciones de agua potable, principalmente.
- Datos de mediciones y actuaciones: registros de mediciones y tareas de mantenimiento.
- Datos topológicos, que marquen las relaciones espaciales entre los elementos de la red.

La *esqueletización de la red*, consiste en la simplificación de la misma (de forma coherente) para crear un modelo matemático. Esto es necesario para que el número de líneas que aparecen sea tratable por el modelo y porque un nivel de detalle excesivo puede ser contraproducente en el correcto tratamiento de la información proveniente del modelo.

La *Asignación de cargas*, consiste en la determinación de los caudales inyectados y consumidos en los diferentes elementos de la red, generalmente puntos de inyección y consumo previamente predeterminados. Esta es una de las fases más importantes porque debe representar las pautas de comportamiento de los usuarios y concluir de esta manera que el análisis de los caudales, es uno de los elementos más importantes en la calibración de la red, puesto que es uno a los que el modelo se muestra más sensible.

Con todos estos datos, el modelo debe *resolver las ecuaciones* que permitan el conocimiento de las variables hidráulicas que se desean conocer. Estas serán presiones y caudales en todos los puntos e

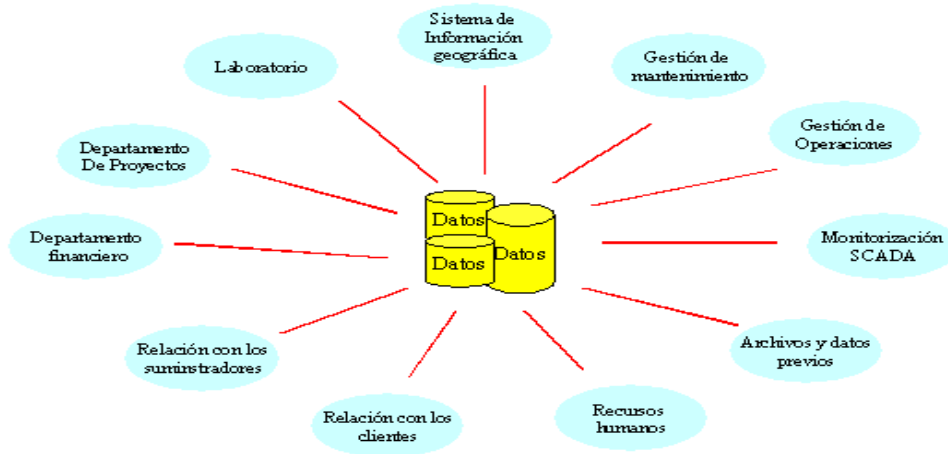
instantes de tiempo, en función de las curvas de modulación de caudales que se hayan introducido.

Una vez realizado este proceso, se dispone de lo que se llama un modelo provisional. Este modelo no se convierte en una herramienta de trabajo o en un modelo definitivo hasta que no se calibra.

El proceso de calibración proporcionará los valores de ciertos parámetros que se pueden controlar en la modelación pero que son difíciles de medir (como rugosidades o diámetros interiores, o curvas de modulación de los consumos) con el objetivo de que las predicciones del modelo se asemejen al máximo a las mediciones realizadas. Considerando que también las mediciones tienen un error inherente (lo que determina unos ciertos márgenes de confianza), se debe proceder al ajuste.

Sin embargo, estas utilidades carecen de sentido si el modelo no se ha calibrado de forma conveniente. Un modelo bien calibrado proporcionará fiabilidad en las predicciones de circunstancias que no han ocurrido, a la vez que permitirá el conocimiento preciso del comportamiento de la red en todos sus puntos, en circunstancias que pueden estar ocurriendo en tiempo real. Si el modelo no ha sido correctamente calibrado y validado en cualquiera circunstancia posible de funcionamiento del sistema, no es en realidad una herramienta de gestión, sino un instrumento matemático sin validez alguna.

Figura 25. Fuentes de información para generación de modelos hidráulicos



Fuente. Autores del proyecto

Es difícil que una sola herramienta sea capaz de gestionar todos los aspectos que el trasiego de información dentro del sistema requiere, y en el caso de que hubiera que seleccionar una, esta sería el SIG. Es por ello que el amb cuenta con esta tecnología integrada en un mismo proceso de gestión como se muestra en la Figura 25.

- Sistemas de telecontrol
- Sistemas de información geográfica
- Sistemas SCADA
- Software de mantenimiento
- Software de modelado matemático del sistema de distribución

La información debe fluir con el objeto de conectar a los entes gestores de los bienes y servicios que componen el sistema con las necesidades

del abastecimiento y los indicadores de rendimiento y funcionamiento principal del mismo.

Con el fin de generar de manera dinámica y centralizada dichos modelos hidráulicos, la herramienta SIIDAR pone a disposición un modulo para generar dichas estructuras de datos, con base en las fuentes de información disponibles (bases de datos), en este caso en particular bajo el software EPANET, e integrando todos los sistemas de datos disponibles y colocando a disposición la ingeniería en beneficio de las actividades y procedimientos diarios del amb.

## **6.5 ACTIVIDADES DE CALIBRACIÓN Y ACTUALIZACIÓN DE MODELOS HIDRAULICOS**

La calibración es el proceso por el cual, se determinan los valores de una serie de parámetros característicos del sistema, para que los resultados del modelo se ajusten a unos datos que se consideran como de referencia en este ajuste. La elección y determinación del rango de estos valores es de gran importancia, puesto que precisamente son los que van a caracterizar el comportamiento del sistema.

La calibración es una garantía para la aplicabilidad del modelo, importancia que se sustenta en tres valores:

- **Confianza:** demostrando que el modelo tiene capacidad de reproducir condiciones existentes y fiabilidad para resolver situaciones futuras o futuribles
- **Conocimiento y comprensión:** la calibración convierte el modelo en una herramienta para conocer el comportamiento del sistema

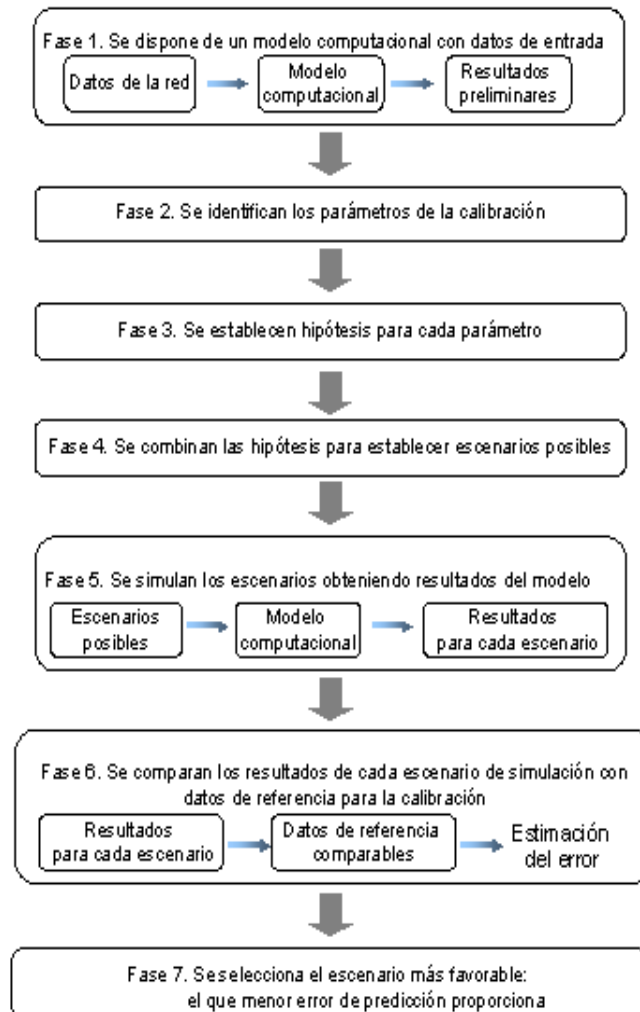
en su totalidad, explicando cambios que ocurren en su comportamiento con base en variaciones de las condiciones operativas

- Resolución de problemas: Puede, mediante una calibración adecuada, reconstituirse información perdida o registrarse alarma sobre situaciones de comportamiento anómalo o información errónea. Se permite así, la detección de errores de información de partida, así como apoyo para la detección de averías o fallos por parte de los dispositivos de telemetría.

Dada la complejidad de los modelos y de los conjuntos de información que se manejan, se hace necesaria una sistemática en la estrategia para el abordaje del problema de la calibración. Aquí se presenta la estrategia adoptada por el amb e implementada por la gestión integral de redes, denominada *calibración por escenarios*.

La denominada calibración por escenarios (descrita en la Figura) consiste en suponer situaciones de funcionamiento, variando los parámetros que intervienen en la calibración, definiendo hipótesis de funcionamiento parciales y combinándolas en escenarios posibles o probables de manera que se genera una gran cantidad de “modelos de entrada”. Estas situaciones al ser simulados y comparados con los valores de la red, proporcionan las presiones y caudales adecuados en los puntos de comparación.

Figura 26. Metodología de calibración por escenarios



Fuente. Informe Final Plano óptimo de Presiones, convenio UNIANDES - amb

La calibración es en esencia, una metodología de ensayo-error que puede ser controlada matemáticamente para que la convergencia de los resultados de la modelación con la realidad sea lo más rápida posible.

En este sentido podemos suponer hipótesis sobre:

- Posibles escenarios de consumo (variación de caudales asignados a nudos)

- Diferentes valores de la rugosidad
- Reducción de diámetros efectivos
- Alteración de las capacidades de bombeo
- Determinación de los parámetros que representan las pérdidas menores y acciones localizadas

Este proceso se ve complementado con el uso de aplicativos software que realizan cálculos y análisis de procesos complejos y permitir de esta forma al personal encargado del proceso involucrarse exclusivamente a desarrollar la metodología de calibración; aplicativos como GIRCAL<sup>45</sup>, CALIBRA<sup>46</sup> que son herramientas para la comparación de series observadas en campo con las series simuladas, resultado del cálculo hidráulico de una red de distribución.

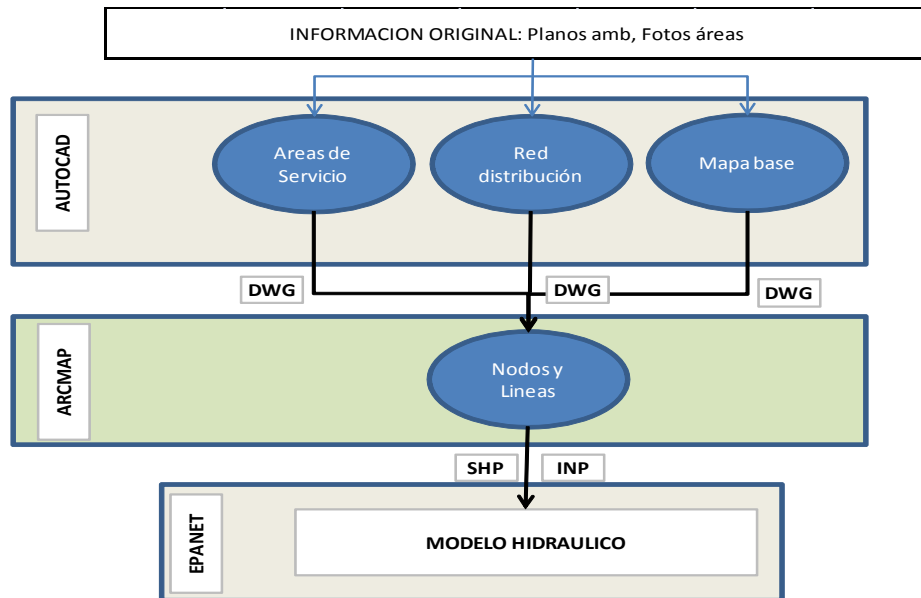
Aquí es muy importante recalcar lo relacionado a la comparación de datos observados en campo, estos datos están disponibles periódicamente como respuesta a un programa de monitoreo constante de todos los puntos de presión y de caudal, los primeros por medio de recorridos de personal operativo con ayuda de instrumentación de medición portátil (manómetros) y los segundos a partir de los datos disponibles en el sistema SCADA.

---

<sup>45</sup> GIRCAL. Software cuya funcionalidad es la de generar archivos de entrada de escenarios para el software de calibración CALIBRA

<sup>46</sup> CALIBRA. Software de calibración desarrollado por la Universidad de los Andes

Figura 27. Diagrama Esquemático de las etapas de generación del modelo de la red de distribución



Fuente. Autores del proyecto

Dentro del amb, el desarrollo de los modelos hidráulicos lleva consigo componentes esenciales como son los costos de elaboración del modelo:

- Tener un catastro actualizado y digital
- Personal capacitado en la elaboración del modelo
- Equipo de cómputo y software especializado

A su vez, es importante hacer énfasis que para el proceso de análisis y diseño de los modelos hidráulicos, es muy importante contar con mediciones continuas de caudal y presión (macromedición), punto que se cumple gracias a las actividades programadas de monitoreo de presiones y caudales por rotación alrededor del perímetro de servicio del amb y que se encuentran disponibles en el Sistema de Información SIGIR; de igual forma es importante tener información sobre la



mantener dichos modelos, y para ello se deben realizar actualizaciones a la par de los cambios que se realizan en la red, este procedimiento se efectúa en el amb a partir de los levantamientos en campo de nuevas directrices de la red de distribución y/o con levantamientos de las fichas técnicas y hojas de vida, las cuales se cargan en el Sistema de Información SIIDAR y pueden ser posteriormente consultadas durante los mantenimientos o cualquier operación en el sistema de distribución. Además de la actualización descrita, el sistema de información permite la retroalimentación de los modelos calibrados, para darle la dinámica que requieren los datos técnicos obtenidos.

De igual forma se deben verificar constantemente los modelos contra nuevas mediciones de campo, siendo estas realizadas periódicamente y de manera continua durante todo el año, a través de instrumentos de medición debidamente calibrados y certificados y de esta manera ajustar los nuevos parámetros para futuros procesos de calibración.

Figura 29. Formulario de edición y consulta de mediciones de presión en las estaciones reguladoras

The screenshot displays the 'amb' (Gestión Integral de Redes) software interface. At the top, there are navigation buttons: 'LISTADO DE PUNTOS REGULADORAS DE PRESIÓN', 'IMPORTAR DATOS REGULADORAS', and 'GENERAR PLANTILLA DE MONITOREO'. The date and time are shown as '06/03/2011 05:20:41 p.m.'. Below the navigation bar, there are radio buttons for 'Equipo Servidor' (selected) and 'Equipo Cliente', and a button for 'DATOS PROMEDIO PUNTOS DE REGULADORAS'. The main area features a map titled 'PUNTOS REGULADORAS DE PRESIÓN' with a compass rose and a location marker for 'GONZALES CHAPARRO'. A 'Mediciones' window is open, showing a table of pressure measurements. The table has columns for 'Id. p.', 'Fecha\_carga', 'Tipo', 'Dirección', 'Máximo (psi)', 'Promedio (psi)', and 'Mínimo (psi)'. The data rows are as follows:

Id. p.	Fecha_carga	Tipo	Dirección	Máximo (psi)	Promedio (psi)	Mínimo (psi)
113	03/18/2010	REGULADORA	AGUAS ABAJO	45.04	56.5757711220384	19.45
113	03/18/2010	REGULADORA	AGUAS ARRIBA	123.25	86.6040499784526	52.09
113	07/01/2010	REGULADORA	AGUAS ABAJO	47.35	59.662950602911	30.55
113	07/01/2010	REGULADORA	AGUAS ARRIBA	80.93	59.1063569682152	29.45

Below the table, a 'PPP 113' window is open, showing details for a specific point: 'Dirección: Vía antigua a Río Frio Mas abajo del Barrio la Paz', 'Estado: REGULADORA', 'Diámetro: RED FRIO', 'Identificador: 113', and 'Nombre/Barrio: GONZALES CHAPARRO'. There is a 'Todas las Mediciones' button at the bottom of this window. The bottom of the screen shows the Windows taskbar with various application icons and the system clock at '06/03/2011 05:20 p.m.'.

Fuente. Software SIGIR amb

## **7. ESTRATEGIAS DE IMPLEMENTACION DE LA PLATAFORMA EXTREME CONTROL**

Extreme Control es un completo sistema para la gestión logística de empresas con operaciones logísticas en campo, tales como empresas de servicios públicos domiciliarios, el cual integra una plataforma de seguimiento de vehículos o personas, con un moderno sistema de control para la verificación del cumplimiento de las ordenes de trabajo a través de dispositivos móviles tales como un teléfono celular.

### **7.1 CARACTERISTICAS GENERALES**

Las características generales del sistema Extreme Control, son las siguientes:

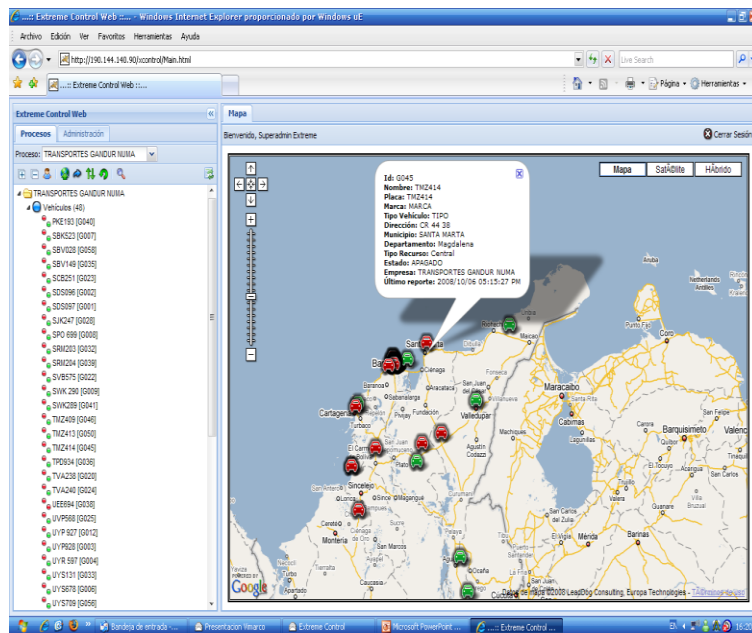
- Funcionamiento a través de la Web.
- Seguimiento a vehículos o personas.
- Georeferenciación de trabajos.
- Asignación dinámica de trabajos pendientes.
- Cálculo de Rutas Óptimas que deben recorrer los vehículos.
- Transmisión y recepción de información desde los teléfonos móviles.
- Interface de datos con la base de datos del cliente.

#### **7.1.1 Seguimiento a vehículos ó personas**

La aplicación íntegra componentes que permiten realizar el seguimiento de los dispositivos móviles, usando sistemas de GPS (Posicionamiento

Global por Satélite), de esta forma hace posible controlar la posición actual e histórica de los recursos, así mismo las variables de control tales como sus paradas, excesos de velocidad, recorridos realizados. De igual forma la aplicación permite realizar el seguimiento mediante triangulación de teléfonos usando la red del operador nacional de telefonía celular TIGO.

Figura 30. Formulario de Seguimiento de vehículos en la aplicación Extreme Control



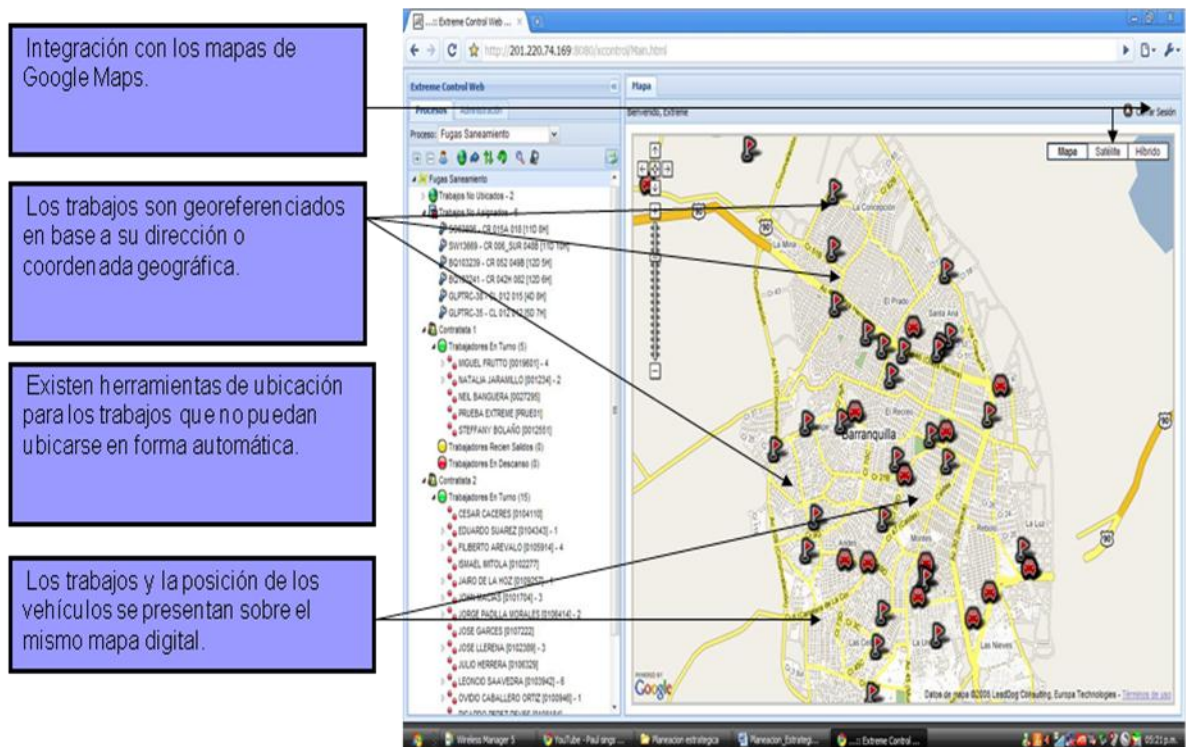
Fuente. Software Extreme Control - amb

## 7.1.2 Georeferenciación de Trabajos

Haciendo uso de mapas digitalizados, el sistema determina la ubicación geográfica de todos los trabajos pendientes por realizar. La georeferenciación de los trabajos se realiza automáticamente con base en su dirección ó en su defecto con base en sus coordenadas.

Teniendo en cuenta la ubicación geográfica de los trabajos, el sistema es capaz de sugerir la ruta óptima en la cual estos trabajos deben ser atendidos.

Figura 31. Formulario de georeferenciación de trabajos en la aplicación Extreme Control



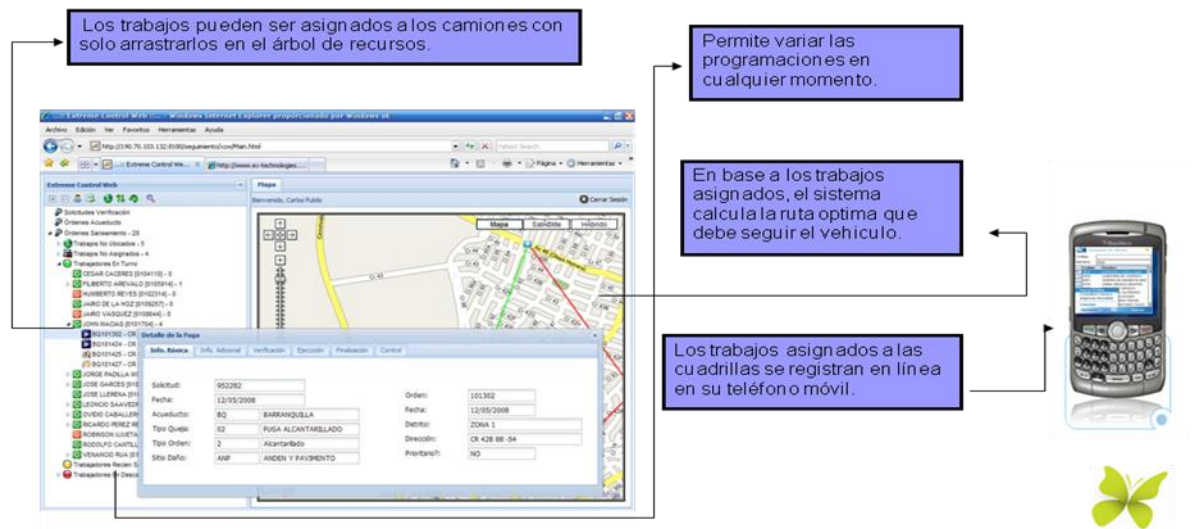
Fuente. Software Extreme Control – amb

### 7.1.3 Asignación de Trabajos

A través de poderosas herramientas de navegación, el sistema permite asignar los trabajos que debe realizar cada recurso. La asignación de trabajos, se realiza en forma automática o manual, teniendo en cuenta

múltiples criterios tales como la cercanía, la ruta óptima, la carga de trabajo actual y las prioridades.

Figura 32. Formulario de asignación de trabajos en la aplicación Extreme Control



Fuente. Software Extreme Control – amb

### 7.1.4 Computación Móvil

El sistema permite que a través de un dispositivo móvil (como un teléfono celular) los recursos en campo, tengan acceso a una amplia gama de información tal como los trabajos que le han sido asignados, la información correspondiente al trabajo que debe realizar, digitar información del cumplimiento de los trabajos, novedades en su realización, materiales utilizados, reportar nuevos requerimientos del cliente, realizar consultas de información relevante, etc.

## 7.2. CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

- El sistema está diseñado para su completo funcionamiento a través de la Web, de forma que los aliados no requieren ningún tipo de infraestructura informática, solo acceso a Internet.
- Los dispositivos móviles pueden ser teléfonos de baja gama, lo que implica un bajo costo para los aliados comerciales.
- El software de los teléfonos móviles puede configurarse y modificarse de forma centralizada, lo que facilita los cambios normales producto de la evolución de la aplicación y los requerimientos del cliente.
- La interface del software de los teléfonos móviles es muy intuitiva, todas las preguntas se responden por opción múltiple, evitando la digitación de muchos caracteres. Ha sido diseñada para su uso por personas no iniciadas en el mundo de la informática.
- El sistema provee herramientas para la ubicación manual de las direcciones que no puedan ubicarse automáticamente. Además el sistema tiene un mecanismo de recordación de ubicaciones, de forma que una ubicación manual no deba realizarse dos veces para una misma dirección.
- El sistema permite la definición de puntos de interés establecidos por el usuario.
- El sistema permite que los usuarios puedan definir sus propias geocercas, para el mejor control de sus vehículos.
- El sistema se adapta al uso de cualquier base de datos.

### 7.3 BENEFICIOS DE LA APLICACIÓN

Tabla 1. Beneficios de la aplicación Extreme Control

VENTAJAS O BENEFICIOS DEL USO DE LA APLICACIÓN	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Este sistema le permitirá mantener un control estricto y en línea de la realización del trabajo asignado a los aliados.</li> <li>• El sistema está probado en aplicaciones de empresas de servicios públicos, en las cuales se ha demostrado que su uso aumenta la productividad del trabajo en campo por lo menos en un 20%.</li> <li>• Este sistema permitirá a los aliados aumentar su productividad y su rentabilidad.</li> <li>• Mejora la percepción ante sus clientes.</li> <li>• Optimizar y dinamizar la gestión operativa de órdenes de trabajo y cuadrillas en campo.</li> <li>• Estandarizar los métodos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dado que la herramienta funciona completamente bajo la WEB, podrá ser usada simultáneamente por varias sedes de la empresa a nivel nacional.</li> <li>• Evita la digitalización de información y aumenta el rendimiento del personal en campo.</li> <li>• Disminuye la dependencia del personal para realizar programaciones de los trabajos.</li> <li>• Aumenta la capacidad de análisis de la empresa referente a sus procesos logísticos.</li> <li>• Disminuir los tiempos de atención a los usuarios mediante el uso de tecnología de punta.</li> <li>• Estandarizar el manejo de la información operativa con</li> </ul>

<p>de acción para la resolución de las eventualidades en la prestación de los servicios.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Modernizar la gestión operativa para la atención de los requerimientos.</li> </ul>	<p>el fin de hacerla más veraz y oportuna para la toma de decisiones.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar el control de inventarios móviles y consumo de materiales en tiempo real.</li> <li>• Realizar el control de todas las actividades ejecutadas en terreno.</li> </ul>
--	---

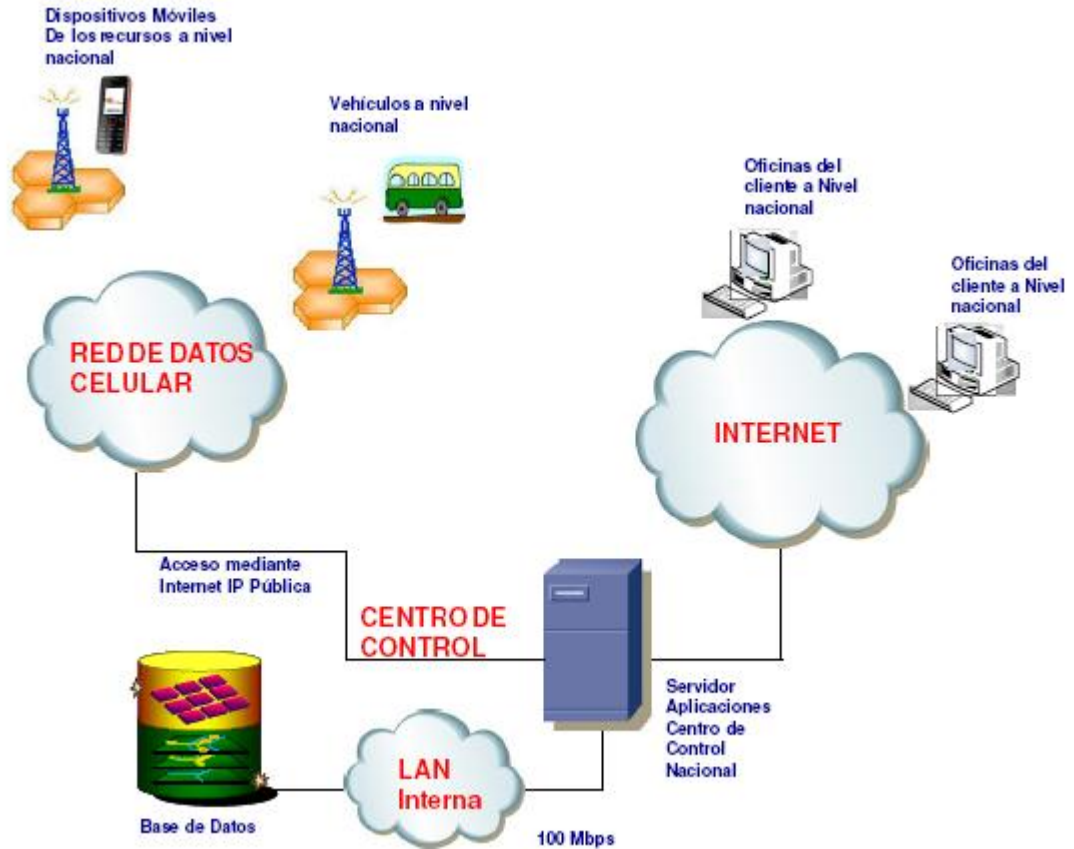
Fuente. Personal Extreme Control

#### **7.4. ARQUITECTURA DE LA TECNOLOGÍA**

Todos los dispositivos móviles a nivel nacional, transmitirán directamente a la plataforma informática de comunicaciones y de datos del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga. Los dispositivos móviles contarán con una base de datos local que les permitirá guardar la información colectada, en el evento de que esta no pueda ser enviada al centro de control, debido a fallas temporales de las redes celulares o falta de cobertura. Cuando el dispositivo detecte que se ha restablecido la conectividad de la red móvil, procederá a enviar la información pertinente de manera automática.

Todos los dispositivos móviles contarán con un usuario y clave de acceso al sistema con el fin de prevenir accesos no autorizados, en cualquier caso desde la central será posible desactivar la visualización de información en el dispositivo en caso de pérdida o robo.

Figura 33. Arquitectura del sistema Extreme Control



Fuente. Convenio Extreme Control – amb

Cada una de las sucursales ó los contratistas del amb, podrán acceder a la aplicación vía Internet, el sistema puede configurarse de manera que cada oficina gestione su propia operación ó que toda la operación sea gestionada por un único centro de despachos.

## 7.5. INTERFACE CON EL SISTEMA ERP DEL amb

El sistema Extreme Control puede subir y bajar cualquier tipo de archivos planos o archivos de Excel los cuales son típicamente

manejados por el sistema ERP. Extreme Control también puede ser conectado con cualquier tipo de base de datos, para intercambio de información usando procedimientos almacenados o Web Services.

## **7.6. METODOLOGIA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCION**

Para el desarrollo de la solución se han considerado las siguientes fases o metodología:

### **FASE I: Levantamiento de Información**

Consiste en la recopilación detallada de la metodología actual de trabajo, procedimientos, formatos, instructivos y diagramas de flujo. Así mismo, se evaluará la infraestructura tecnológica con que cuenta actualmente el amb, con el ánimo de verificar que se cumplan con los requisitos necesarios para la implementación de la respectiva solución y/o hacer las recomendaciones respectivas en caso de que sea procedente.

En esta fase, se hace necesaria la participación activa del personal del amb, mediante la designación de un funcionario que conozca a fondo dicho proceso. Esta fase culminará con la presentación de un cronograma de trabajo y un informe que constará de dos partes, una referente a los procesos y metodología de trabajo actual y otra con el resultado de la revisión de la infraestructura tecnológica y por lo tanto con las recomendaciones y requisitos necesarios para la implementación de la solución con sus respectivas justificaciones técnicas.

## **FASE II: Diseño de Solución**

Consiste en la definición de las características básicas y generales de la aplicación con base en los objetivos planteados en esta propuesta y en el levantamiento de información realizado en la FASE I. En esta fase se definirán los alcances específicos y detallados de la aplicación, así como los nuevos procedimientos, instructivos, formatos y diagramas de flujo.

Esta fase culminará con la presentación de un informe el cual deberá ser aprobado por el amb y el cual se constituirá en la base para la evaluación del cumplimiento y entrega de la solución acorde a las especificaciones técnicas y alcances definidos en el mismo.

## **FASE III: Desarrollo de la Solución**

En esta fase, se realizarán los ajustes que deban realizarse a la aplicación, con el fin de cumplir los requisitos exigidos.

## **FASE IV: Implementación**

Consiste en la puesta en marcha de la aplicación. Para dicha fase se hace necesario contar por parte del AMB con todos los dispositivos especificados.

## **FASE V: Puesta en Marcha**

En esta fase se realizarán las pruebas de campo correspondientes, la puesta en producción y ajustes necesarios hasta alcanzar el 100% de la funcionalidad de la solución.

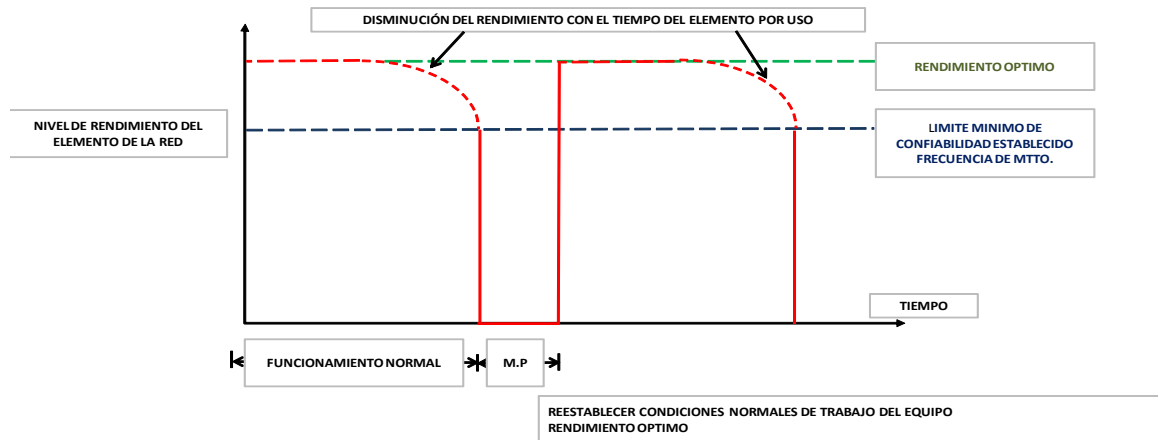
El objetivo de la implementación de la plataforma Extreme Control dentro de las actividades de mantenimiento aplicadas a los elementos

de la red de distribución, es la de mantener la funcionalidad de los mismos; de manera tal, dar prioridad a la aplicación del mantenimiento predictivo basado en análisis de condición operativa, que contribuirá a la reducción de las fallas durante la operación, frente a las actividades periódicas del Mantenimiento Preventivo.

Por otro lado, implementar esta tecnología con el objetivo de actualizar las frecuencias del mantenimiento preventivo, con base al desempeño actual de los elementos de la red, para incrementar la disponibilidad y confiabilidad y reducir costos al optimizar las intervenciones requeridas de mantenimiento.

De igual manera se han encontrado causales suficientes para mejorar al implementar este tipo de tecnologías, partiendo del hecho que permite que no se cumplan los programas de mantenimiento, los métodos de trabajo no son los adecuados, no se toman acciones preventivas, no se respetan las frecuencias del programa de mantenimiento, falta capacitación de personal, no se llevan hojas de vida y fichas técnicas actualizadas y por ende se está operando mal.

Figura 34. Ciclo de Mantenimiento Preventivo



Fuente. Congreso Mexicano de Confiabilidad y Mantenimiento

Otro punto a considerar son los niveles de servicio que corresponden al cumplimiento de respuesta, tiempos de solución temporal y tiempos de ejecución final de los servicios, resaltando que estos tiempos están clasificados de acuerdo a la prioridad dada al servicio.

## **8. ANALISIS Y DISEÑO DEL MODULO DE OPERACIÓN DE VÁLVULAS DE ACUEDUCTO – MOVA**

La importancia y beneficios de aplicar y administrar mantenimiento preventivo u otras estrategias más elaboradas, es un asunto que no se discute ni se pone en duda en el mundo actual, y las grandes y medianas empresas del medio colombiano se han unido a esta tendencia, para no quedarse del tren de la globalización capitalista; sin embargo, a nivel de las micro y pequeñas empresas la Gerencia (que en su mayoría son los mismos propietarios) sigue renuente y poco receptiva a invertir en mantenimiento y por lo general la estrategia que aplican es la de hacer Mantenimiento correctivo.

Una vez que una empresa ha tomado la decisión de organizar sus actividades de Mantenimiento, casi simultáneamente surge la necesidad de sistematizarlo, entre otras cosas, para facilitar la administración y procesamiento de la información y la correspondiente toma de decisiones basadas en resultados e indicadores.

### **8.1. DEFINICIÓN DE LA ESTRUCTURA GENERAL DEL APLICATIVO**

MOVA, es una plataforma SIG que permite a partir de la simulación de un modelo hidráulico generado por el software SIIDAR sobre el aplicativo EPANET, establecer las válvulas que deben operarse para aislar un sector de cualquier red de distribución de agua, encontrar los suscriptores afectados por la operación, y al mismo tiempo calcular el caudal que se deja de facturar por el daño, lo cual hace que este tipo de desarrollo sea único en su clase.

Este aplicativo software cumple con unos parámetros generales entre los cuales figuran: portabilidad, accesibilidad, conectividad, modularidad, flexibilidad, disponibilidad de utilidades, actualizable, seguridad y confidencialidad, administración de usuarios, conectividad, multi-periodo y multi-ejercicio. Para el aplicativo creado, se decidió que debía cumplir mínimo con los siguientes parámetros:

- Portabilidad: Baja dependencia del software con la plataforma en el cual haya sido creado.
- Conectividad: Posibilidad de acceder a los datos almacenados, mediante parámetros de búsqueda con facilidades precisas; esto se logra regularmente con desarrollos en entornos de bases de datos relacionales con estándar SQL.
- Modularidad: aunque es una característica que es más de interés para el programador, también se hace manifiesta al usuario, en la manera como quedan distribuidas las aplicaciones en el menú principal.
- Flexibilidad: Debe ajustarse a volúmenes de información y procesos propios de micro y pequeñas empresas, pero debe ser tal que permita sistematizar la información de procesos productivos diversos.
- Utilidades: Debe tener las suficientes ayudas para que un usuario con formación e información básica, pueda explotar los recursos del aplicativo.
- Administración de usuarios y seguridad: Debe permitir la configuración de  $n$  usuarios, con diferentes perfiles (operario, supervisor, programador, jefe), y para cada uno de ellos debe

manejar niveles de seguridad (usuario, contraseña, solo consultas, consulta y modificación, etc.).

- Multi-periodo y multi-ejercicio: Puesto que se trata ante todo de una empresa con alto grado de complejidad, el aplicativo está concebido para trabajar en la estructura *Cliente-servidor*, por lo tanto es multi-ejercicio, así como es multi-periodo en el sentido en que permite almacenar y consultar informaciones de diferentes periodos de tiempos.

## **8.2. ELECCIÓN DE LA PLATAFORMA DE SOFTWARE A UTILIZAR**

### **8.2.1 Plataforma Software**

Para el desarrollo del aplicativo de software se eligió el lenguaje de programación Visual Basic 6.0, en conjunto con un administrador para bases de datos Microsoft Access 2003 y para el ambiente SIG los lenguajes mapserver y php. La elección de Visual Basic obedeció principalmente a las siguientes razones:

- El código para interfaz gráfica ya lo tiene creado, lo cual facilita y agiliza la creación de los botones de comandos.
- Hay amplia información disponible acerca tanto de Visual Basic, como de su enlace con las bases de datos Access.
- Amplia compatibilidad con diferentes versiones de Windows, para crear los archivos ejecutables, y potenciar la portabilidad del aplicativo.

## 8.2.2 Desarrollo de la Implementación

### **Definición de conexión de interfaces de Visual Basic con bases de datos Access.**

Dado que Visual Basic no almacena datos, es necesario crear una conectividad entre las bases de datos Access y Visual Basic, para administrar la información. La conectividad elegida y usada es la llamada “*Conectividad abierta de bases de datos (ODBC)*”, la cual proporciona una interfaz de programación de aplicaciones (API) de conectividad universal de bases de datos, que permite a las aplicaciones tener acceso a una amplia gama de bases de datos propietarias. Basada en la especificación X/Open SQL Access Group's Call Level Interface (CLI), ODBC es una manera abierta, independiente de proveedor, de tener acceso uniforme a datos almacenados en diferentes formatos y con diferentes motores de base de datos. La arquitectura ODBC consta de cuatro componentes, como se describe a continuación:

**Interfaz de programación de aplicaciones (API)** Llama a las funciones de ODBC para conectar con un origen de datos, enviar y recibir datos y desconectar.

**Administrador de controladores** Proporciona información a una aplicación (como una lista de orígenes de datos disponibles), carga controladores dinámicamente cuando sean necesarios y proporciona comprobación de argumentos y transiciones de estados.

**Controlador** Procesa llamadas de funciones de ODBC y administra todos los intercambios entre una aplicación y una base de datos relacional específica. En caso de que sea necesario, el controlador

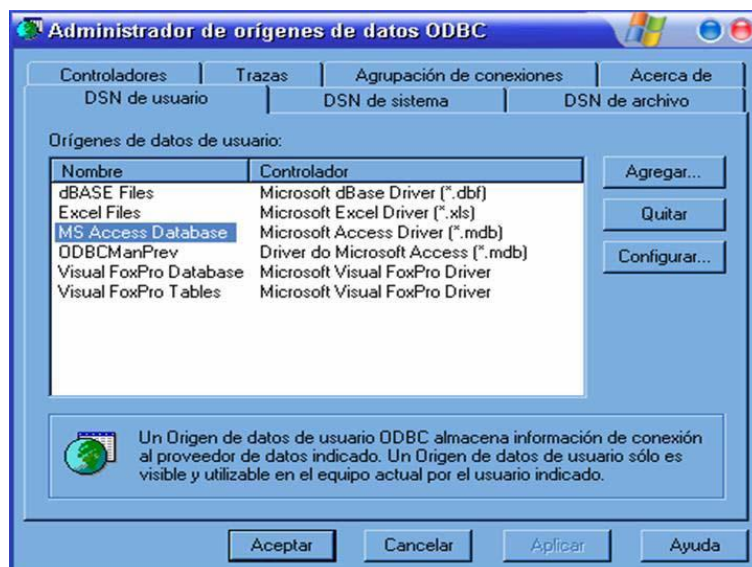
puede traducir la sintaxis estándar SQL a SQL nativo del origen de datos de destino.

**Origen de datos** Consta de los datos y su motor de base de datos asociado

### 8.2.3 Asignación del Controlador de entorno

Para la creación de la conexión ODBC, primero se creó la base de datos en Microsoft mova.mdb tal como lo ilustra la figura.

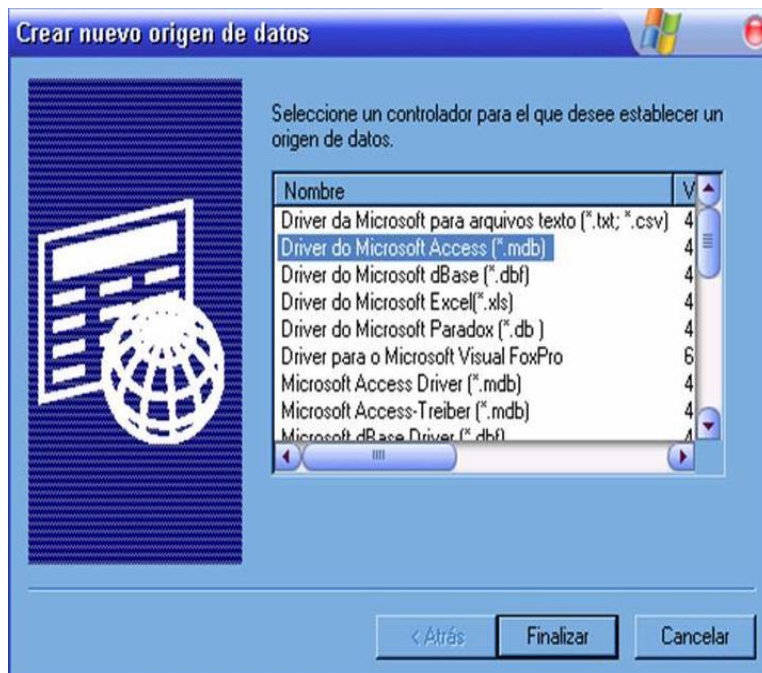
Figura 35. Creación de base de datos mova.mdb



Fuente. Manual de desarrollador aplicativo MOVA

Seguidamente se creó el origen de datos ODBC Mova y se vinculó a la base de datos creada como lo muestra la figura.

Figura 36. Creación de origen de datos



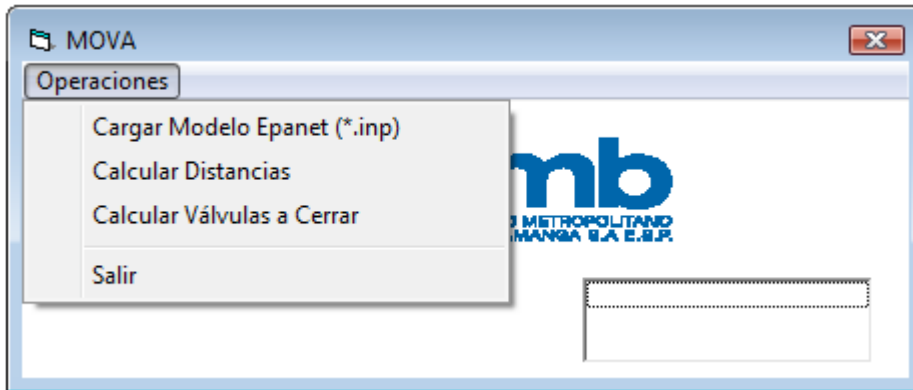
Fuente. Manual de desarrollador aplicativo MOVA

Luego se especificó la configuración de la conexión ODBC, es decir, se especificó la información de autorización de conexión (como el nombre del origen de datos, la identificación del usuario y la contraseña).

### 8.3 DESARROLLO DE LA APLICACIONES

La figura muestra el menú principal del aplicativo de software MOVA.

Figura 37. Menú Principal software MOVA



Fuente. Manual de desarrollador software MOVA

A continuación se presenta un pequeño resumen de las tareas principales que se ejecutan en cada submenú.

*Cargar Modelo Epanet (\*.inp)*: cargar un archivo de extensión INP que genera el software EPANET con la estructura del modelo hidráulico de la red de distribución, para así separar los datos correspondientes a las tuberías, nodos de caudal y válvulas.

*Calcular Distancias*: calcula los identificadores de los nodos inicial y final junto con sus coordenadas para cada una de las válvulas de la red de distribución.

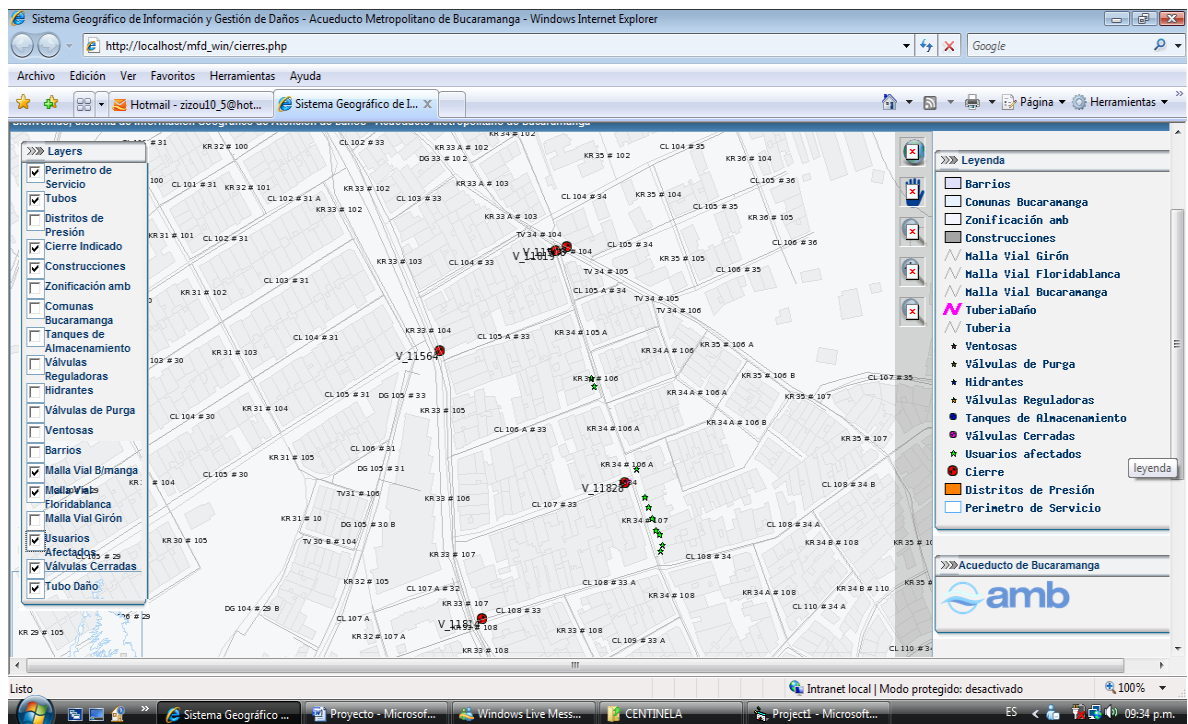
*Calcular Válvulas a Cerrar*: Primero pide al usuario que digite el identificador de la tubería donde ocurrió el daño, para posteriormente calcular por conectividad y ejecutando el modelo hidráulico, determinar las válvulas a aislar para quitar el servicio de agua, y determinar de igual forma los suscriptores afectados.

El aplicativo está concebido de acuerdo con la siguiente estructura general:

**Recopilación y alimentación de información:** Hojas de vida, fichas técnicas, mediciones de campo; con base en la información anterior, se confeccionan los modelos hidráulicos más cercanos a la realidad, que permiten alimentar este aplicativo.

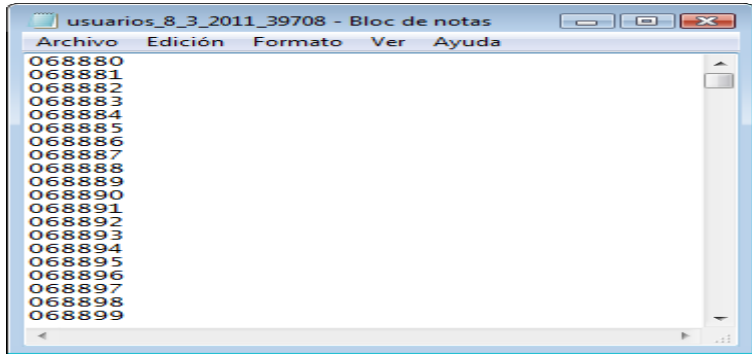
**Consulta de información:** Dada su naturaleza, el software proporciona información y permite interactuar gráficamente con los diferentes elementos de la red por medio de un SIG.

Figura 38. Interface web aplicativo MOVA



Fuente. Manual de desarrollador MOVA - amb

Figura 39. Archivo plano generado con los usuarios afectados por el corte de servicio



Fuente. Manual de desarrollador MOVA – amb

## 8.4 PRUEBAS DE DESEMPEÑO DEL SOFTWARE

Para probar el desempeño de la operación del software, se seleccionó un modelo hidráulico base, actualizado a fecha de Diciembre de 2010, las pruebas han sido realizadas por Gestión Integral de Redes. Se cargó toda la información al software y su desempeño fue satisfactorio, en términos de facilidad y confiabilidad de resultados.

## 8.5 RESULTADOS

Se obtuvo como resultado de este trabajo, el desarrollo de una aplicación computacional apta para ser usada por empresas con procesos operativos similares al amb, para sistematizar sus procesos y procedimientos, y en el mediano y largo plazo obtener beneficios propios de la aplicación y administración de mantenimiento.

## **8.6 IDENTIFICACION DE VALVULAS DE LA RED PRIMARIA Y SECUNDARIA DEL AMB MEDIANTE TECNOLOGIA RFID**

Con el objeto de caracterizar los componentes metodológicos y sistémicos del proceso de actualización del inventario, marcación y diagnóstico de las válvulas de la red de distribución del amb, así como la actualización, incorporación y migración de la información digital y física recopilada en campo a las bases de datos del amb, se elaboraron guías metodológicas con lineamientos, procedimientos y actividades que se deben realizarse para llevar a cabo la marcación mediante tecnología RFID de las válvulas y su integración a los sistemas de información de la empresa.

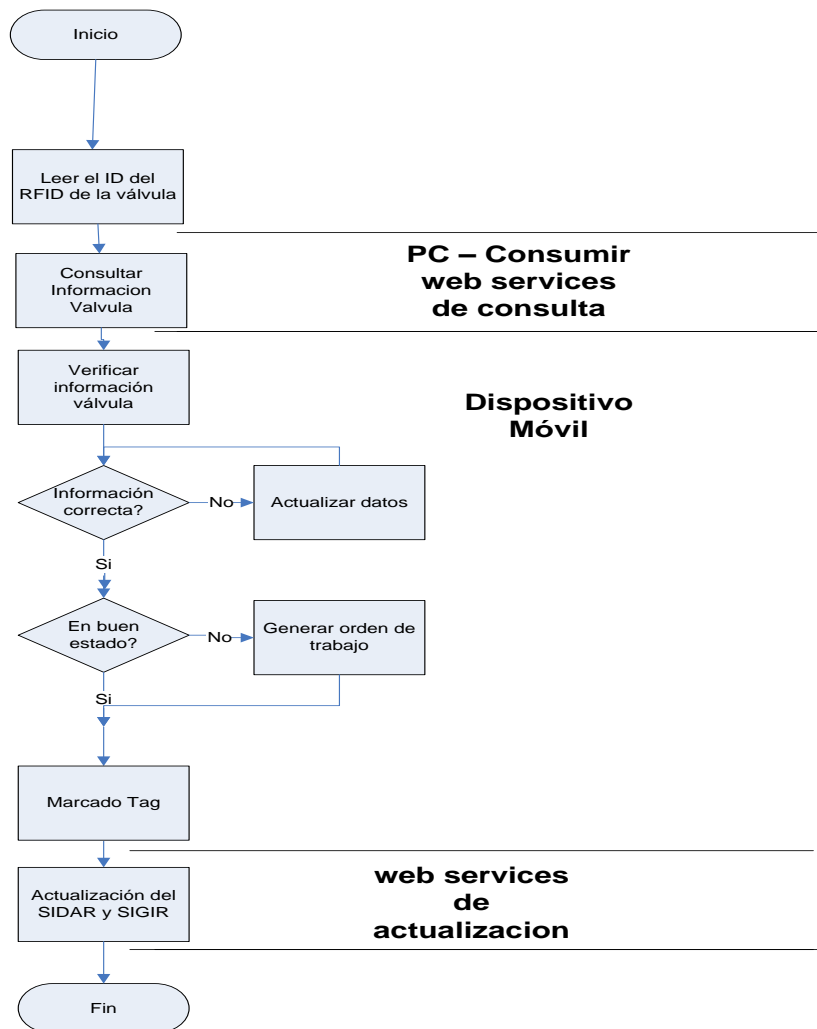
Se elaboró el diseño funcional del aplicativo encargado del descargue de la información de las lectoras RFID utilizadas en campo, las cuales a partir de los archivos generados en MOVA sobre la operación de válvulas, los cuales son transmitidos desde la plataforma web de Extreme Control e indicándole a la lectora RFID que válvulas operar. Como las válvulas tienen un tag (marcador) con la información del estado de operación de la válvula y demás información técnica competente, permite generar los archivos para la actualización de los sistemas de información de la empresa, tales como SIIDAR y SIGIR con base en los resultados de operación de las válvulas.

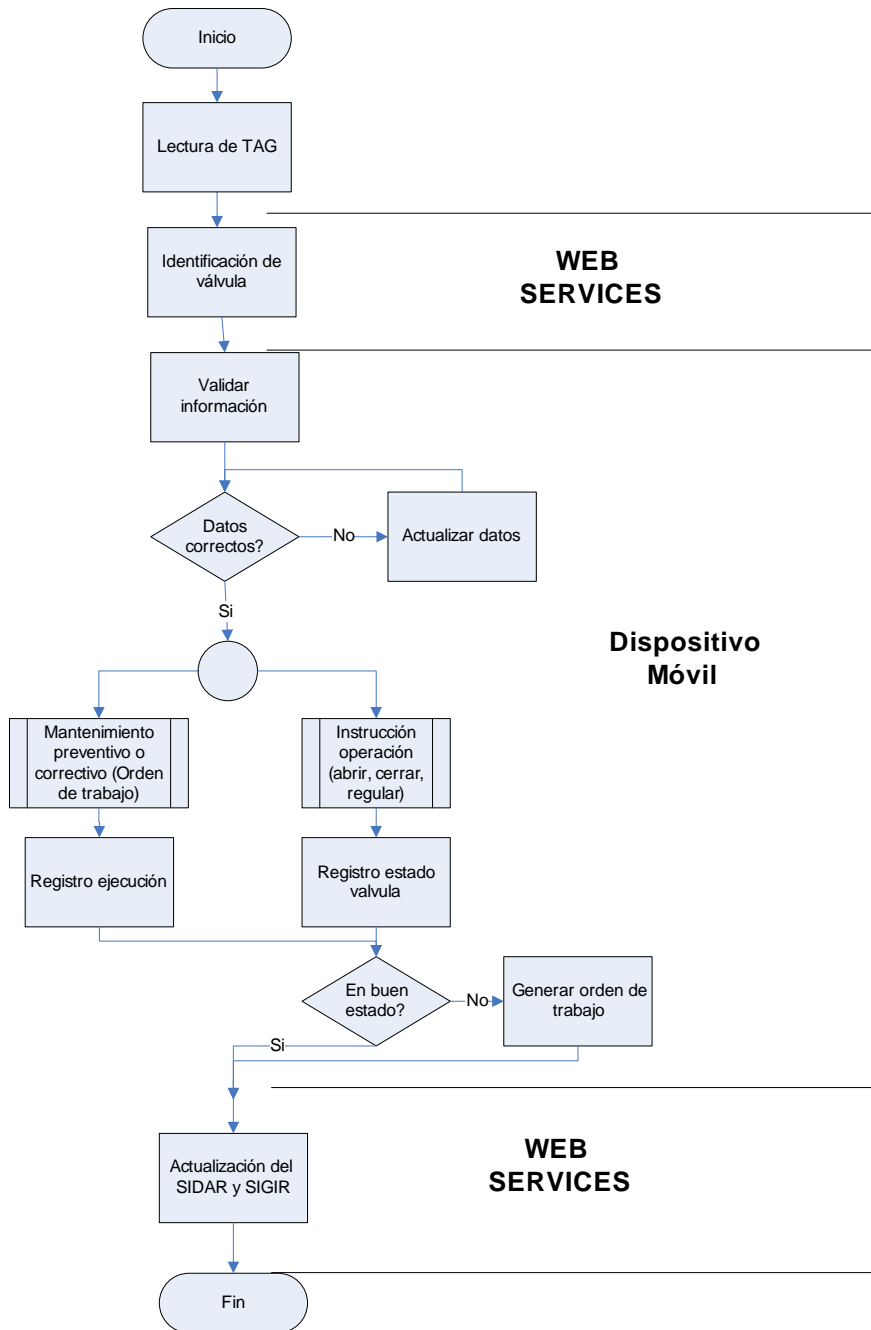
A la fecha se están caracterizando los enlaces MOVA con la tecnología RFID y establecer la funcionalidad de la aplicación total en una prueba piloto sobre el sector la Cumbre.

Las siguientes figuras, presentan un esquema general del flujo de acciones implicadas en el proceso de identificación y operación de válvulas amb. El aplicativo consta de dos componentes de software:

- En el PC (web services)
- En el dispositivo móvil (consumo de web services y despliegue de información)

Figura 40. Proceso General de Identificación de las válvulas





Fuente. amb

## **9. METODOLOGIA DE IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA INTEGRADO DE INFORMACIÓN PARA EL MANTENIMIENTO EN EL amb S.A. ESP**

### **9.1 DESCRIPCIÓN DEL MANTENIMIENTO PREVENTIVO**

Como su nombre lo indica, el mantenimiento preventivo se diseñó con la idea de prever y anticiparse a los fallos de los elementos y/o equipos, para nuestro caso, la red de distribución de agua e instrumentación de medición, utilizando para ello una serie de datos sobre los distintos sistemas y sub-sistemas e inclusive partes y modelando su comportamiento en el periodo, definido de tal manera que permita la detección de las causas de fallas y con el respectivo análisis se generen las actividades de optimización, con el fin de prolongar los tiempos entre fallas de elementos y equipos.

El amb S.A. ESP definió una estrategia inicial de mantenimiento preventivo, la sectorización hidráulica, la cual consiste en generar a partir del modelo hidráulico calibrado de la red de distribución, el diseño e instalación de válvulas controladoras de presión ó caudal para la optimización de las presiones en toda el área de servicio y reducir la tasa de fallas en los elementos por esta causa. El sistema de información integrado es vital en la administración de esta estrategia, en razón a que garantiza el tratamiento adecuado a la información tanto suministrada como recopilada de las actividades de mantenimiento.

Complementario a la sectorización, se diseñará un programa con frecuencias calendario o a necesidad, para realizar cambios de sub-ensambles, cambio de partes, reparaciones, ajustes, etc., a elementos,

equipos e instalaciones que gobiernan cada uno de los sectores obtenidos a partir de la sectorización hidráulica y con base en el monitoreo de las variables hidráulicas para tomar decisiones que eviten fallos en el sistema.

Es importante trazar la estructura del diseño incluyendo en ello las componentes de Conservación, Confiabilidad, Mantenibilidad, y un plan que fortalezca la capacidad de gestión de cada uno de los diversos estratos organizativos y empleados sin importar su localización geográfica, ubicando las responsabilidades para asegurar el cumplimiento.

Haciendo uso de los datos, se hace su planeación esperando con ello evitar los paros y obtener con ello una alta efectividad del sistema, los conceptos de este mantenimiento se agrupan en dos categorías: PREVENTIVO Y CORRECTIVO. El mantenimiento preventivo se refiere a las acciones, tales como; Reemplazos, adaptaciones, restauraciones, inspecciones, evaluaciones, etc. Hechas en periodos de tiempos por calendario o uso de los elementos. (Tiempos dirigidos).

El mantenimiento preventivo podrá en un futuro ser potencialmente mejorado por medio de la incorporación de un programa de Mantenimiento Predictivo. Dentro del mantenimiento planeado se contempla el mantenimiento predictivo. El Mantenimiento Correctivo se utilizará como la acción que emana de los programas de mantenimiento preventivo y predictivo (Tiempos dirigidos y Condiciones dirigidas de los equipos).

## 9.2 DETERMINACIÓN DE LA FRECUENCIA DE MANTENIMIENTO

El plan de integración de Sistemas de Información de Mantenimiento propuesto en el amb, está orientado hacia el Mantenimiento preventivo ya que este logra extender la vida útil de los equipos, de esta forma incrementándole su eficiencia y calidad en el trabajo que realizan. Por otra parte este plan está diseñado de tal manera que la información que se obtiene, sirve para almacenarla en las diferentes bases de datos que conforman los distintos paquetes software de la empresa y poder realizar análisis de causa raíz sobre problemas en los elementos.

Es importante mencionar que no existe un historial de fallas suficientemente detallado, que pueda permitir evaluar los tiempos entre fallas de cada elemento visible de la red, es por ello que para definir la frecuencia de ejecución de los mantenimientos se tomó en consideración los siguientes parámetros:

- Las horas de funcionamiento mensuales de cada elemento de la red y de los instrumentos con los que se cuenta para la ejecución de los trabajos.
- Las recomendaciones de los ingenieros electromecánicos de la División Electromecánica del amb
- Las recomendaciones del fabricante

Cabe destacar que los elementos se encuentran ubicados en diferentes zonas del área Metropolitana de Bucaramanga y como el personal debe realizarles mantenimiento a otros equipos, el traslado o el detener la operación de estos en muchas ocasiones se dificulta; es por ello que se

establecerá un plan de mantenimiento que abarca el mayor número de actividades. Además se debe tomar en cuenta los costos que implican el no realizar el mayor número de actividades. Entre estos costos se tiene: el de la fuerza de trabajo, materiales, servicios y gastos comprados.

El mantenimiento que será implementado a los elementos de la red (hidrantes, reguladoras, etc.) e instrumentos de medición, será basándose en las experiencias del personal que labora en la División Distribución y División Electromecánica, así como las recomendaciones del fabricante y quedarán expuestas en cronogramas para ser cumplidos a cabalidad.

### **9.3. CAPACITACIÓN AL PERSONAL DE MANTENIMIENTO**

Se necesita determinar si se requiere algún tipo de entrenamiento para el personal responsable de las actividades de mantenimiento desde el punto de vista administrativo y operativo y planear el mismo, al menos será necesario catalogar el tiempo de entrenamiento para familiarizarse con el plan de mantenimiento preventivo.

Es buena idea formar un grupo de trabajo directamente relacionado con el soporte de los programas de mantenimiento preventivo, considerando siempre su cumplimiento o al menos dar entrenamiento a su personal de base, así es que aquí también requiere de capacitación.

## **9.4. MANTENIMIENTO CORRECTIVO**

Este tipo de mantenimiento se realizará a los componentes que presentan muchas variantes, tales como: el costo, el cual es elevado; la complejidad de reemplazo, en la que se tiene que desarmar gran parte del elemento; la escasez de métodos diagnóstico, que dificulta la utilización de un sistema para predecir la falla, se concluye que esta es la mejor política que se puede emplear para el mantenimiento de esos elementos.

## **9.5. REQUERIMIENTO Y MEJORA CONTINUA**

### **9.5.1 Mejoras Continuas**

Dentro del proceso de Integración y mejoramiento continuo de los sistemas y con la implementación de la tecnología EXTREME CONTROL, ha surgido la necesidad de incorporar desarrollos obtenidos (SIGIR, SIIDAR, MOVA y SII++), así como las actividades de mantenimiento preventivo y monitoreo establecidas, necesidades que dado su detalle se resumen en los anexos y que fueron expuestas ante la alta dirección.

El enfoque de la integración de los sistemas de información debe ser claro, aunque si se genera información suficiente para realizar un análisis de causa raíz de las fallas y todos los complementos de la gestión del mantenimiento, el mantenimiento preventivo está enfocado hacia la reducción de daños y pérdidas, pero hay que tener en cuenta que este documento no está enfocado hacia esa directriz, sino más bien

a la disposición de información técnica para la toma de decisiones durante la realización de los mantenimientos.

Procesos como simular las válvulas de operar para afectar a la mínima cantidad de personas con el software MOVA, o como EXTREME CONTROL por tener georeferenciador, administra mejor la asignación de los daños (reducción de tiempos de atención) y como SIIDAR vincula con todos los Sistemas de Información, y permite administrar archivos de las hojas de vida y fichas técnicas; son ejemplos claros de cómo con un sistema apoyado por equipos de procesamiento electrónico de datos, las actividades de los Ingenieros, supervisores, contratistas y administradores que anteriormente eran manuales, son sustituidas por:

- Administración de las diferentes solicitudes planeadas, programadas y correctivas
- Almacenamiento de los datos de actividades en documentos adecuados para su uso.

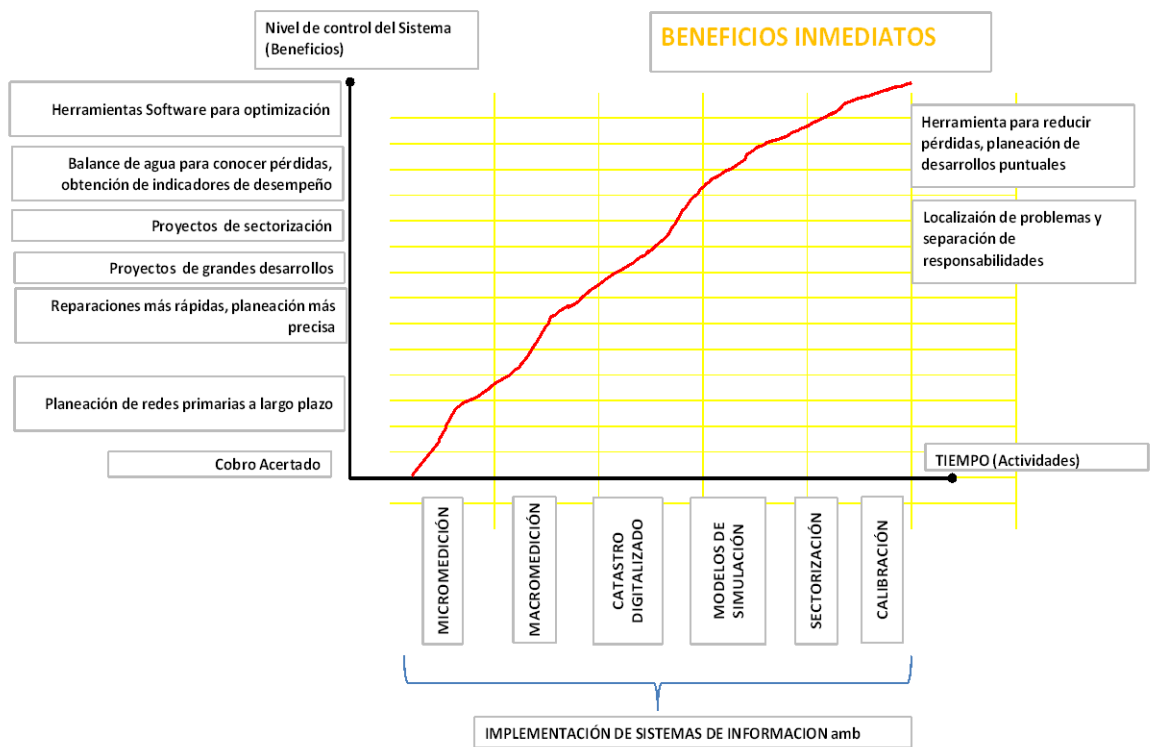
Mejorando la efectividad del mantenimiento que se manifiesta en:

- Menos carga de trabajo para los Ingenieros, supervisores, contratistas y administradores, en tareas y actividades de rutina tales como: la selección y actualización de datos, entre otros.
- Aumento de la certeza de que gran parte del trabajo planeado está asignado.
- Mejora el control de la retroalimentación del trabajo realizado y los informes de actividades pendiente, porque son conocidos automáticamente.

- Información actualizada acerca del estado de los elementos y actividades.
- Fácil disposición de toda la información para la planeación de los recursos.

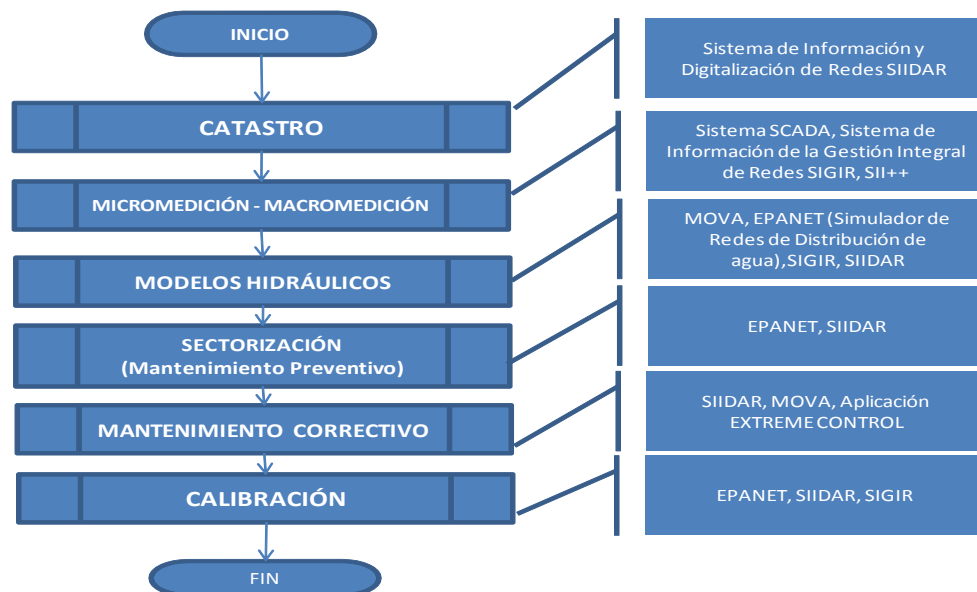
En la figura siguiente se muestra los beneficios con el paso del tiempo a partir de la implementación de estrategias de control y sistemas de información dentro del amb.

Figura 41. Estrategia de desarrollo amb



Fuente. Eugenio Barrios. Estrategia para el desarrollo de modelos simulación. [www.arturotopia.com/Ingenieria](http://www.arturotopia.com/Ingenieria)

Figura 42. Injerencia de los sistemas de información en los procesos de mantenimiento de redes



Fuente. Autores del proyecto

### 9.5.2 Optimización de tareas de trabajo

Hasta este punto, solo se ha mencionado toda la información de un programa dedicado al mantenimiento manual o computarizado. Cualquier buen sistema de mantenimiento necesita de esta información y casi cualquier sistema podría hacer buen uso de este frente final de trabajo. Una vez reunido y organizado el trabajo es simple el resto. Esto por supuesto, no es una rutina pequeña pero es donde realmente la fase de implementación comienza.

No se debe omitir la necesidad de la utilización del factor humano, se sabe mejor que nadie de las capacidades de su personal en relación al mantenimiento, inspecciones y rutinas, por lo que seguramente

necesitará diseñar programas de capacitación tanto para operadores y técnicos.

Una vez que la información está reunida, es necesario revisar la prioridad para comenzar la operación. Deben existir varios reportes que le permiten este tipo de revisión pero el primero a revisar es el programa maestro de mantenimiento preventivo. Un reporte así, prevé un buen panorama de todos los equipos con registro de mantenimiento preventivo y permite una selección completa y capacidad de ordenamiento para la impresión o elaboración de las órdenes de trabajo, de acuerdo los requerimientos.

Puede también utilizar una gráfica de carga de trabajo. La idea principal es observar las órdenes de trabajo de mantenimiento preventivo con una prioridad definida, y aquellos Mantenimientos Preventivos que no se han generado todavía, con un abanderamiento, como la fecha de su generación para su fácil detección.

Con estos dos reportes, el programa maestro de Mantenimiento Preventivo y la gráfica de carga de trabajo serán útiles una vez que haya generado las órdenes de trabajo del mantenimiento preventivo y necesite ajustar la carga de trabajo, proporcionando también la predicción del Mantenimiento antes de que se genere y hacer los ajustes necesarios, inclusive a las necesidades de producción de la disponibilidad de materiales y equipos.

Con el objeto final de optimizar las tareas con base en los sistema de información que dispone el amb para el proceso de gestión de mantenimiento correctivo de redes, se muestra en el Anexo G, el

diagrama de la atención de daños, el uso de las nuevas tecnologías software e implementación de mejoras continuas a los procedimientos, de tal manera que sea más sencillo observar tareas a realizar y responsables de las mismas, así como el flujo de la información.

### 9.5.3 Beneficios

Al proyectar los beneficios del mantenimiento preventivo y de la integración de esto con los sistemas de información, los más relevantes son los siguientes:

- Reduce las fallas y tiempos muertos (incrementa la disponibilidad de equipos e instalaciones).

*Obviamente, si tiene muchas fallas que atender menos tiempo puede dedicarle al mantenimiento programado y estará utilizando un mantenimiento reactivo mucho más caro por ser un mantenimiento de "apaga fuegos".*

- Incrementa la vida de los elementos e instalaciones.

*Si tiene buen cuidado con los elementos puede ayudar a incrementar su vida. Sin embargo, requiere de involucrar a todos en la idea de la prioridad ineludible de realizar y cumplir fielmente con el programa.*

- Mejora la utilización de los recursos.

*Cuando los trabajos se realizan con calidad y el programa se cumple fielmente. El mantenimiento preventivo incrementa la utilización de maquinaria, equipo e instalaciones, esto tiene una relación directa con: El programa de mantenimiento preventivo que se hace. Lo que se puede hacer, y como debe hacerse.*

- Reduce los niveles del inventario.

*Al tener un mantenimiento planeado puede reducir los niveles de existencias del almacén.*

- Ahorro

*Un peso ahorrado en mantenimiento son muchos pesos de utilidad para la compañía. Cuando los equipos trabajan más eficientemente el valor del ahorro es muy significativo.*

## **9.6 DEFINICION DE INDICADORES**

Es éste un punto muy importante y el más comúnmente pasado por alto en el plan de mantenimiento. Muchos programas de mantenimiento bien planeados, fallarán debido a que este paso es dejado fuera del plan. Si se usa un sistema computarizado tal cual es el caso del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga, no hay ninguna razón para pasar por alto esta función. Una base de datos electrónica proporciona muchos reportes que pueden ser usados para medir el funcionamiento. El truco real es poner los puntos de referencia para obtener los parámetros a medir.

Algunas de las métricas expuestas y que serán de utilidad en el proceso de implementación e integración de los planes de mantenimiento y los sistemas de información, serían:

- Índice de Continuidad del servicio: Muestra el porcentaje de tiempo promedio en el año en que se presta el servicio, exceptuando las interrupciones debidas a labores de mantenimiento o reparación de daños.

**FORMULA**                     $[1 - \frac{\sum (H_i \times C_i)}{H \times C_s}] \times 100 \%$

Siendo información necesaria el registro sobre tiempo de suspensión del servicio y registro de usuarios donde:

- H = horas totales por año = 8.760
- H<sub>i</sub> = Horas suspendidas durante la interrupción i
- C<sub>i</sub> = # de usuarios afectados por la interrupción i
- C<sub>s</sub> = # total de usuarios del sistema

Lo realmente importante a recalcar aquí, es el hecho de que la información necesaria para el cálculo del indicador se registra en las bases de datos de los sistemas con los que se cuenta, de esta manera hay confiabilidad en la información y centralización en los datos; a continuación se definen algunos otros indicadores de importancia dentro del proceso de mantenimiento.

- El tiempo medio entre fallas identifica la cantidad de veces que el sector falla en un periodo de tiempo

$$TMEF = \frac{\text{Tiempo medido}}{\# fallas} \text{ (horas)}$$

- El tiempo medio de reparación tiene en cuenta las horas de los trabajos no planeados y el número de fallas

$$TMR = \frac{\text{Duración del mantenimiento no planeado}}{\# fallas} \text{ (horas)}$$

- Trabajos pendientes, BACKLOG, determina el tiempo en semanas requerido para finalizar los trabajos pendientes de mantenimiento teniendo en cuenta la cantidad de personas para su ejecución

$$BACKLOG = \frac{\text{Horas hombre trabajos pendientes}}{\text{Cantidad de personas} * \text{horas al día} * \text{días a la semana}}$$

- Horas Extras/Horas totales

$$\% \text{ Extras} = \frac{\text{Horas hombre extras}}{\text{Horas hombre ejecutadas}}$$

- Horas subcontractadas/ horas totales

$$\% \text{ Subcontratadas} = \frac{\text{Horas hombre subcontractadas}}{\text{Horas hombre ejecutadas}}$$

- Ordenes planeadas / Ordenes totales

$$\% \text{ OT planeadas} = \frac{\# \text{ OT planeadas}}{\# \text{ OT Totales ejecutadas}}$$

- Ordenes mantenimiento planeados realizados /ordenes programados

$$\text{Ordenes planeadas ejecutadas} = \frac{\text{OT planeadas ejecutadas}}{\text{OT programadas}}$$

- Ordenes mantenimiento no programado

$$\text{Ordenes no programadas} = \frac{\text{OT no programadas}}{\text{OT totales ejecutadas}}$$

- Desviación presupuesto

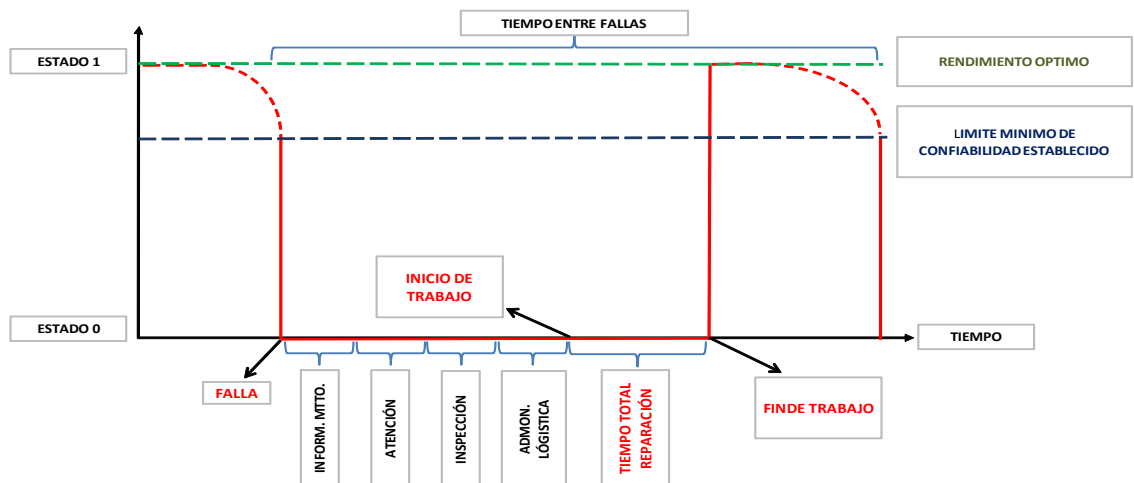
$$\% \text{Desviación presupuesto} = \frac{\text{Costos totales}}{\text{Costos planeados}}$$

- Costo de mantenimiento/producción

$$\frac{\text{Costos totales}}{\text{Generación KWh}} \left( \frac{\$}{\text{kWh}} \right)$$

En la figura 43, se presenta un ejemplo sobre los tiempos de las actividades de mantenimiento que se pueden calcular a partir del sistema de información Extreme Control, con las respectivas observaciones sobre posibles retrasos y la localización geográfica que permite validar la información

Figura 43. Generación de indicadores a partir de la medición de los tiempos de ejecución de Órdenes de trabajo de mantenimiento.



Fuente. Autores del proyecto

## 10. CONCLUSIONES

- Los sistemas de información móvil, son una herramienta tecnológica moderna que permiten tener una comunicación en tiempo real entre todos los recursos involucrados, minimizando la incertidumbre en la ejecución y control de los trabajos. El alto nivel de complejidad de la red de distribución y la amplia extensión del área de servicio, obligan a administrar la operación y el mantenimiento con sistemas de información geográficos y técnicos, que localicen los elementos a intervenir y los recursos disponibles, para garantizar la eficiente ejecución de las actividades de mantenimiento.
- Controlar eficientemente la ejecución de los mantenimientos de las redes de distribución, permitirá la reducción de los tiempos de cada una de las actividades establecidas y por ende una demanda menor de recursos para el mantenimiento correctivo, trayendo como resultado mayor recurso disponible para las actividades de mantenimiento preventivo. Progresivamente con la reducción de los tiempos de mantenimiento correctivo, se deberán trasladar los recursos establecidos para el mantenimiento correctivo a mantenimiento preventivo.
- La sectorización hidráulica basada en modelos hidráulicos calibrados, como estrategia para optimizar las presiones existentes en las redes de distribución, garantiza la reducción de los fallos como consecuencia de minimizar los esfuerzos a los que se encuentran sometidos los elementos y equipos de la red de distribución. El tener una reducción ostensible en las fallas del

sistema, permite optimizar aún más los recursos disponibles para mantenimiento de redes.

- Además de la reducción de la tasa de daños como consecuencia de la generación del plano óptimo de presiones, se debe tener en cuenta la reducción de las pérdidas del sistema por fugas en las redes, en razón a que la relación de la presión con el caudal de fuga por un orificio es directamente proporcional. Esto traerá como consecuencia para la organización, una reducción en los costos de producción y en los repuestos para actividades de mantenimiento.
- El tener un sistema de información de redes (SIIDAR) para la actualización del catastro, la generación modelos hidráulicos y la administración de las hojas de vida de los elementos, permite una dinámica entre los datos y los resultados. Esto quiere decir, que se tiene una herramienta que genera datos y luego de un post-proceso, permite la retroalimentación con las correcciones a que hubiera lugar, lo que permite que en las siguientes generaciones de datos, el punto de partida va a tener un mínimo factor de incertidumbre para tomar decisiones técnicas.
- Controlar las operaciones de las válvulas de corte para aislar sectores con un sistema de información (MOVA-RFID), garantiza la participación del área técnica en la ejecución de los mantenimientos, minimizando el riesgo de afectación del servicio ó de las mismas redes por incertidumbre por parte del personal operativo. Además, el cálculo de los indicadores precisos de continuidad para cada cliente atendido, permite analizar las consecuencias de las afectaciones y su respectiva corrección.

- La integración de los sistemas de información definidos (SIIDAR, EXTREME, MOVA, SIGIR, SII++), además de optimizar el proceso de mantenimiento de redes, garantiza la participación de todas las áreas del amb, involucrando los directamente responsables en la prestación del servicio, la división Distribución y la gerencia de Operaciones, y las áreas de apoyo como son, las gerencias Financiera y Comercial, lo que implica un mejor suministro de agua potable y una atención óptima a nuestros clientes, mejorando la imagen corporativa a nivel local, nacional e internacional.

## 11. BIBLIOGRAFIA

ÁVILA ESPINOSA, Rubén. Fundamentos del mantenimiento, México: Limusa Grupo Noriega Editores, 1991.

GOMEZ CUBILLOS, Rafael. Administración y estilos gerenciales. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander 2006,44p

GONZÁLES BOHÓRQUEZ, Carlos Ramón. Principios de Mantenimiento. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. 2006.

MORA GUTIERREZ, Alberto. Mantenimiento estratégico para empresas de industriales ó de servicios. Medellín: AMG. 2005.

PROGRAMA DE SISTEMAS DE INFORMACION Y DOCUMENTACION, BIBLIOTECOLOGÍA Y ARCHIVISICA. Investigación Formativa (En línea) Bogotá (Col.) 2011. Disponible en internet URL: <http://sisinfo.lasalle.edu.co>

REY SACRISTÁN, Francisco. Hacia la excelencia del mantenimiento, Madrid: Tecnologías de Gerencia y Producción S.A. 1996

UNIVERSIDAD DE LAS AMERICAS PUEBLA. Implementación de un sistema de mantenimiento preventivo, auxiliado por un software, para una línea de pintura electroforética (En línea) Puebla (Mex.). 2004. Disponible en internet. URL:

[http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lim/alarcon\\_g\\_jm/portada.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lim/alarcon_g_jm/portada.pdf)

UNIVERSIDAD DE ORIENTE. Diseño de un software que facilite las actividades de mantenimiento a los motores DIESEL instalados en una empresa de telecomunicaciones (En línea) Barcelona (Ven.) 2004. Disponible en internet. URL: [http://ri.biblioteca.udo.edu.ve/bistream/123456789/305/1/Tesis-IM004\\_N50.pdf](http://ri.biblioteca.udo.edu.ve/bistream/123456789/305/1/Tesis-IM004_N50.pdf)

**ANEXO A.**  
**FORMATO DE MONITOREO DE PRESIONES**




**ANEXO B.**  
**FORMATO DE HOJA DE VIDA DE MANOMETROS**





**ANEXO C.**  
**FORMATO DE ORDEN DE TRABAJO**

Pág. 1 de 1	<b>ORDEN DE TRABAJO</b>		Diag. 32 No. 30A-51 Tels: 6320220 - 6323448 Fax: 6323457 NIT. 890.200.162-2 Call Center: 6322000		 <small>AGUAS DEL METROPOLITANO DE BOGOTÁ S.A. E.S.P.</small>					
F RS 702-001			SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD							
Rev. 3			<b>DATOS DEL SERVICIO SOLICITADO</b>							
ORDEN	FECHA SOLICITUD	HORA SOLICITUD	No. DE MEDIDOR	SECTOR	ZONA					
MUNICIPIO	BARRIO		DIRECCIÓN							
CODIGO SUSCRIPTOR	NOMBRE SUSCRIPTOR	TELEFONO	SOLICITANTE							
TIPO SERVICIO	OBSERVACIONES			FECHA CIERRE	HORA CIERRE					
				DD/MM/AA:	AM <input type="checkbox"/> PM <input type="checkbox"/>					
<b>DATOS DEL SERVICIO EJECUTADO</b>										
FECHA INICIAL	HORA INICIAL	FECHA FINAL	HORA FINAL	CODIGO RESULTADO						
DD/MM/AA:	AM <input type="checkbox"/> PM <input type="checkbox"/>	DD/MM/AA:	AM <input type="checkbox"/> PM <input type="checkbox"/>							
RESULTADO - OBSERVACIONES										
MATERIAL DE LA RED ENCONTRADA										
AC <input type="checkbox"/>	PVC <input type="checkbox"/>	HG <input type="checkbox"/>	COBRE <input type="checkbox"/>	PF <input type="checkbox"/>	HF <input type="checkbox"/>	HD <input type="checkbox"/>	OTRO:	DIAM.	PROFUND.	
TIPO DE FALLA										
ACARTONAMIENTO <input type="checkbox"/>	ESTALLADO <input type="checkbox"/>	CORROSION <input type="checkbox"/>	LONGITUDINAL <input type="checkbox"/>	SOLDADURA <input type="checkbox"/>						
EMPAQUE/UNION <input type="checkbox"/>	ACCESORIO <input type="checkbox"/>	OTROS:								
ACTIVIDADES COMPLEMENTARIAS					MATERIALES UTILIZADOS					
ACTIVIDAD	DIMENSIONES EN METROS			CANTIDAD	DESCRIPCIÓN					
	LARGO	ANCHO	PROF.							
RELLENAR/APISONAR										
RECOGER ESCOMBROS										
PAVIMENTO										
CONCRETO										
ACABADOS										
ACTIVIDAD	CANT.	UBICACIÓN DE LA RED								
VASO ALTO PARA VALVULA		VIA	<input type="checkbox"/>							
VASO BAJO PARA VALVULA		ANDEN	<input type="checkbox"/>							
CAJA PARA MEDIDOR		ZONA VERDE	<input type="checkbox"/>							
CAJA VALVULA		No. USUARIOS AFECTADOS	HORAS PARA COBRAR:	DAÑOS CAUSADOS POR TERCEROS						
PLANCHON VALVULA					NOMBRE / ENTIDAD:					
ANCLAJE VALVULA										
FIRMA DEL TRABAJADOR	COD.	FIRMA DEL USUARIO		FECHA IMPRESIÓN	HORA IMPRESIÓN	CODIGO IMPRESIÓN				
<small>NOTA: Este campo se llenará solo cuando se requiera cargar materiales al usuario</small>										

**ANEXO D.**  
**CUADRO DE TIPOS DE SERVICIO EXISTENTES amb**

GERENCIA DE OPERACIONES  
 DIVISIÓN DISTRIBUCIÓN  
 GESTIÓN INTEGRAL DE REDES  
 OCTUBRE 27 DE 2010



Ítem	TIPO DE SOLICITUD
114	SOLICITUD AUMENTO DE PRESIÓN
D01	TUBO ROTO DAÑOS
D02	ESCAPE EN EL MEDIDOR
D03	TUBO ROTO ANTES DEL MEDIDOR
D04	TUBO ROTO DESPUÉS DEL MEDIDOR
D05	REGISTRO PARTIDO
D6	LLAVE DE PASO PARTIDA
D07	ESCAPE EN EL REGISTRO
D06	TAPA DE CAJILLA PARTIDA
D08	TAPA MEDIDOR PARTIDA
D09	SIN AGUA
D10	POCA PRESIÓN
D11	TUBO ROTO POR MEDIDOR ROBADO
D12	PERFORACIÓN
D13	CAMBIAR VÁLVULA
D14	CAMBIAR COLLARIN
D15	INSTALAR HIDRANTE
D16	INSTALAR ACOMETIDA
D17	MEDIDOR ESTALLADO
D18	CAMBIO NIPLES
D19	EMPALME
D20	TAPONAR TUBERÍA
D21	LIMPIEZA RASERA
D22	CERRAR VÁLVULA
D23	REUBICAR TUBERÍA
D24	REFORMAR LA CAJA
D26	ADAPTADOR ESTALLADO
D27	SACAR UN HIDRANTE
D28	CAMBIO DE TUBERÍA
D29	CAMBIAR REGISTRO
D30	REFORMAR INSTALACIÓN
D31	REVISIÓN CON PITOMETRÍA
D32	DESAIRAR LA TUBERÍA
D33	MUCHA PRESIÓN
D34	INSTALAR TAPA DE VÁLVULA
D35	INSTALAR TAPA DE MEDIDOR
D36	ESCAPE EN EL HIDRANTE
D37	MEDIDOR TAPADO
D38	RECOGER ESCOMBROS
D39	LLEVAR TIERRA Y APIZONAR
D40	COMPLEMENTARIAS ATD
D41	REPARAR CONCRETO - ANDEN
D42	INSTALAR PLANCHÓN
OPR	PURGAR RED

**ANEXO E.**  
**CUADRO DE TIPOS DE SERVICIO PROPUESTOS amb**

GERENCIA DE OPERACIONES  
 DIVISIÓN DISTRIBUCIÓN  
 GESTIÓN INTEGRAL DE REDES  
 OCTUBRE 27 DE 2010

LISTADO DE TIPO DE SERVICIO			
No	COD.	TIPO DE SERVICIO	OBSERVACIONES PARA EL SII ++
1	D06	TAPA DE CAJILLA PARTIDA	Cambiar nombre por CAMBIAR CAJILLA
2	D08	TAPA MEDIDOR PARTIDA	Cambiar nombre por CAMBIAR TAPA MEDIDOR
3	D24	REFORMAR LA CAJA	Cambiar nombre por CAMBIAR CAJA MEDIDOR
4	D35	INSTALAR TAPA MEDIDOR	ok
5	D16	INSTALAR ACOMETIDA	ok
6	D30	REFORMAR INSTALACIÓN	Cambiar nombre por CAMBIAR ACOMETIDA
7		RELOCALIZAR ACOMETIDA	Incorporar Tipo de Servicio
8	D37	MEDIDOR TAPADO	Cambiar nombre por DESTAPAR MEDIDOR
9	D17	MEDIDOR ESTALLADO	Cambiar nombre por CAMBIAR MEDIDOR
10		INSTALAR MEDIDOR	Incorporar Tipo de servicio
11	D02	ESCAPE EN EL MEDIDOR	Cambiar nombre por REPARAR ESCAPE CAJILLA
12	D26	ADAPTADOR ESTALLADO	Eliminar este código
13	D05	REGISTRO PARTIDO	Eliminar este código
14	D6	LLAVE DE PASO PARTIDA	Eliminar este código
15	D07	ESCAPE EN EL REGISTRO	Eliminar este código
16	D18	CAMBIO NIPLAS	Cambiar nombre por CAMBIAR NIPLAS ACOMETIDA
17	D21	LIMPIEZA RASERA	Cambiar nombre por DESTAPAR MEDIDOR DE CONTROL
18	D29	CAMBIAR REGISTRO	ok
19	D11	TUBO ROTO POR MEDIDOR ROBADO	ok
20	D03	TUBO ROTO ANTES DEL MEDIDOR	ok
21		REPARAR ACOMETIDA ESTALLADA	Incorporar Tipo de servicio
22		REPARAR ACOMETIDA OCASIONADA	Incorporar Tipo de servicio
23		TAPONAR ACOMETIDA	Incorporar Tipo de servicio
24	D14	CAMBIAR COLLARÍN	Eliminar este código
25	D12	PERFORACIÓN	no es solicitud de la sección de redes ni de mantenimiento preventivo
26	D04	TUBO ROTO DESPUÉS DEL MEDIDOR	Eliminar este código
27	114	SOLICITUD AUMENTO DE PRESIÓN	Eliminar este código
28	D33	MUCHA PRESIÓN	Cambiar nombre por REVISAR PRESIÓN ALTA
29	D09	SIN AGUA	Cambiar nombre por PREDIO SIN SERVICIO
30		SECTOR SIN SERVICIO	Incorporar Tipo de servicio
31	D10	POCA PRESIÓN	Cambiar nombre por REVISAR PRESIÓN BAJA
32	D01	TUBO ROTO	ok
33	D31	REVISIÓN CON PITOMETRÍA	Cambiar nombre por DETECTAR FUGA CON GEÓFONO
34		REPARAR RED ESTALLADA	Incorporar Tipo de servicio
35		REPARAR RED OCASIONADA	Incorporar Tipo de servicio
36		REPARAR ESCAPE VÁLVULA	Incorporar Tipo de servicio
37	D13	CAMBIAR VÁLVULA	ok
38	D34	INSTALAR TAPA DE VÁLVULA	Cambiar nombre por INSTALAR TAPA VÁLVULA
39	D22	CERRAR VÁLVULA	ok
40	D42	INSTALAR PLANCHÓN	ok
41		ABRIR VÁLVULA	Incorporar Tipo de servicio
42		INSTALAR VÁLVULA	Incorporar Tipo de servicio
43		INSTALAR VÁLVULA REGULADORA	Incorporar Tipo de servicio
44		INSTALAR VENTOSA	Incorporar Tipo de servicio
45		CAMBIAR VENTOSA	Incorporar Tipo de servicio
46	D19	EMPALME	Cambiar nombre por EMPALMAR RED
47	D20	TAPONAR TUBERÍA	Cambiar nombre por TAPONAR RED
48	D23	REUBICAR TUBERÍA	Cambiar nombre por RELOCALIZAR RED
49	D28	CAMBIO DE TUBERÍA	Cambiar nombre por CAMBIAR RED
50	D32	DESAIRAR LA TUBERÍA	Cambiar nombre por DESAIRAR /PURGAR RED

51	OPR	PURGAR RED	Eliminar este código
52		EXTENDER RED	Incorporar Tipo de servicio
53	D15	INSTALAR HIDRANTE	ok
54	D27	SACAR UN HIDRANTE	Cambiar nombre RETIRAR HIDRANTE
55	D36	ESCAPE EN EL HIDRANTE	Cambiar nombre por REPARAR ESCAPE HIDRANTE
56		CAMBIAR HIDRANTE	Incorporar Tipo de servicio
57		REVISAR CALIDAD DEL AGUA	Incorporar Tipo de servicio
58		MONITOREAR PRESIÓN	Incorporar Tipo de servicio
59		REALIZAR MANTENIMIENTO PREVENTIVO	Incorporar Tipo de servicio
60		REVISAR REGULADORA	Incorporar Tipo de servicio
61		REVISAR VÁLVULAS SECTOR	Incorporar Tipo de servicio
62		REVISAR SECTORIZACIÓN HIDRÁULICA	Incorporar Tipo de servicio
63		REALIZAR SECTORIZACIÓN HIDRÁULICA	Incorporar Tipo de servicio
64		REVISAR BOMBEO ELÉCTRICO	Incorporar Tipo de servicio
65		REVISAR BOMBEO MECÁNICO	Incorporar Tipo de servicio
66		REVISAR TANQUE	Incorporar Tipo de servicio
67	D38	RECOGER ESCOMBROS	Cambiar nombre por RECOGER ESCOMBROS DAÑOS
68	D39	LLEVAR TIERRA Y APISONAR	Cambiar nombre por RELLENAR - APISONAR
69	D40	COMPLEMENTARIAS ATD	Eliminar este código
70	D41	REPARAR CONCRETO - ANDEN	Cambiar nombre por REPARAR ANDEN CONCRETO
71		REPARAR ANDEN ACABADOS	Incorporar Tipo de servicio
72		RECOGER ESCOMBROS COMPLEMENTARIAS	Incorporar Tipo de servicio
73		REPARAR PAVIMENTO FLEXIBLE	Incorporar Tipo de servicio
74		REPARAR PAVIMENTO RÍGIDO	Incorporar Tipo de servicio
75		TRASLADAR COMPRESOR	Incorporar Tipo de servicio
76		TRASLADAR SEÑALIZACIÓN	Incorporar Tipo de servicio

-  Tipos de servicio que se deben incorporar  
 Tipos de servicio que se deben eliminar

**ANEXO F.**  
**PLANILLA DE CONTROL DE ORDENES DE TRABAJO**





**ANEXO G.**  
**DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE GESTIÓN DE**  
**MANTENIMIENTOS**



**ANEXO H.**  
**MEMORANDO ANALISIS DE REQUERIMIENTOS APLICACIÓN**  
**EXTREME CONTROL**

## MEMORANDO

4300  
Bucaramanga,

Para: ING. WILLIAM IBÁÑEZ PINEDO  
Gerente de Operaciones

De: JEFE DIVISIÓN DISTRIBUCIÓN

Asunto: Respuesta comunicación I009089, Compromisos sistema de información móvil

En atención a la comunicación de la referencia, me permito adjuntar CD con la información solicitada.

A su vez y de acuerdo a la reunión sostenida entre la interventoría, ingenieros de la División Distribución y el contratista del software EXTREME CONTROL, me permito presentar un informe de los requerimientos necesarios para la puesta en marcha del software, involucrando los desarrollos obtenidos (POLÍGONOS DE AFECTACIÓN Y SIGIR), así como las actividades de mantenimiento preventivo y monitoreo establecidas en el Gestión Integral de Redes:

- 1) En el SII++ se deben realizar únicamente los cambios que sean estrictamente necesarios para la puesta en marcha del software "extreme control", dejando la administración de los tiempos y controles en la base de datos suministrada por el contratista. Por lo tanto, en el SII++ se generarán y descargarán las órdenes de trabajo de la misma forma que se hace actualmente, pero la administración de todos los mantenimientos y servicios se realizarán desde el software "Extreme control".
- 2) Como el sistema ERP corporativo (SII++) administra las órdenes de trabajo con la llave primaria del código de suscriptor más cercano, mientras que con el software "Extreme control" se permitirá involucrar los elementos hidráulicos de las redes a dichas órdenes, se deberá diferenciar dentro de la base de datos del SII++ los tipos de servicio a ejecutar, diferenciándolos por cada tipo de orden; Por un lado, los servicios en la acometida que generen posibles cobros a los suscriptores y por el otro, los servicios en la infraestructura de redes. En el SII++ se deberán manejar los tipos de orden de la siguiente forma:
  - a) Para el caso de la ejecución de los tipos de servicios definidos como acometida, la administración se hará de igual forma, con el código de suscriptor como "llave de enlace primaria".

Adicional a esto Extreme Control deberá tener una interfaz de enlace con el SIGIR donde se tendrán definidos y actualizados de manera permanente en la base de datos de usuarios los siguientes campos:

- i) Presión Máxima
- ii) Presión Mínima
- iii) Sector Hidráulico
- iv) Distrito de Presión

Esta información servirá para realizar consultas espaciales de extreme y polígonos de afectación. Además dentro de los campos en la OT, se debe incluir el de PRESIÓN MEDIDA dentro de los datos a recolectar y migrar a SIGIR durante la ejecución de la misma.

- b) Para el caso de los servicios en los elementos de la red hidráulica, se hace necesario administrar las órdenes de trabajo asignándolas en dichos elementos, por lo tanto se solicitará a la división de sistemas la modificación del formato, incluyendo en los datos del servicio solicitado de la orden definida en el SII++ el siguiente campo:

- i) ID del elemento (llave primaria)

A su vez Extreme Control deberá consultar en la base de datos del SIGIR para visualizarlos en la solicitud, los siguientes campos:

- i) Tipo de elemento
- ii) Diámetro del elemento
- iii) Material del elemento

De igual forma, Extreme Control migrará los datos reales de diámetro y material del elemento consignados en la OT tanto al SII++ como al SIGIR. Los tipos de servicio para los que se requiere generar el nuevo tipo de orden de trabajo con los campos definidos, se identificaron en el archivo de Excel adjunto en el CD (Tipos de servicio.xls) con el campo "requiere interfaz con SIGIR". El cargue de estos datos, se hará mediante un archivo plano suministrado por el grupo GIR, al momento que la división sistemas haya creado dichos campos.

- 3) Para la trazabilidad de cada consecutivo en el SII++, Extreme Control mediante la interfaz definida en el proyecto, migrará los datos actualizados en tiempo real de acuerdo con los campos definidos en el mismo, pero como el SII++ solo recibe un "tipo de servicio", en caso de que haya necesidad de modificar el servicio, el trabajador cerrará la orden de trabajo y si el trabajo no ha sido ejecutado, el sistema de control extreme creará una nueva orden de trabajo con el tipo de servicio correcto, pero teniendo una llave de enlace entre dichas órdenes, de tal manera que para calcular los tiempos acumulados de cada orden, se tengan en

cuenta la sumatoria de todas las órdenes generadas a partir de un consecutivo específico.

- 4) Como en el SII++ tan solo existen cinco campos definidos para la administración de los tiempos, los tiempos adicionales definidos se administrarán en la base de datos de extreme control, migrando tan solo los establecidos en el sistema actual. Los tiempos definidos son los siguientes:
  - a) Fecha de solicitud (Dato migrado desde SII++ a Extreme Control)
  - b) Fecha de asignación (revisor ó cuadrilla mantenimiento)
  - c) Fecha de recibido (revisor ó cuadrilla mantenimiento)
  - d) Fecha de revisión
  - e) Fecha de inicio de ejecución (Dato migrado en tiempo real desde Extreme Control a SII++)
  - f) Fecha de cierre de válvulas
  - g) Fecha de apertura de válvulas.
  - h) Fecha de descargue de materiales (Dato migrado en tiempo real desde Extreme Control a SII++)
  - i) Fecha final de ejecución (Dato migrado en tiempo real desde Extreme Control a SII++)
  - j) Fecha de rechazo

En la base de datos de extreme control de igual forma se deberán definir aquellos tiempos muertos producto de las interrupciones en los trabajos (reasignación, no se pudo revisar, no se encontró dirección, etc) y además generar un reporte de localización con coordenadas a partir del GPS del móvil celular, cada vez que se ejecute alguna modificación de estado en la orden de trabajo. En reuniones posteriores, se definirán los informes estadísticos a generar en el sistema Extreme control.

- 5) Se definió que para cuando se generen órdenes de trabajo que no correspondan a la sección, se habilite en extreme la opción de que pueda cerrar la orden y generar una nueva a la sección competente para atenderla. Esta acción se podrá ejecutar desde el administrador ó previa revisión en campo.
- 6) Para las órdenes de trabajo que generan actividades complementarias, en Extreme control se deberá definir una interfaz independiente para su administración, dándole la trazabilidad correspondiente al tipo de trabajo definido. Primera actividad deberá ser Rellenar-apisonar; la segunda actividad deberá ser Recoger escombros; la tercera actividad deberá ser Reparar pavimento asfáltico, Reparar pavimento en concreto, Reparar andén en concreto y/ó Reparar andén con acabados; y la cuarta actividad deberá ser Recoger escombros complementarias. A su vez, la administración de los tiempos para todas las actividades deberá hacerse de la siguiente forma:
  - a) Fecha de solicitud (Fecha final de reparación migrada al SII++)
  - b) Fecha de asignación

- c) Fecha de inicio de ejecución (Dato migrado en tiempo real desde Extreme Control a SII++)
  - d) Fecha final de ejecución (Dato migrado en tiempo real desde Extreme Control a SII++)
- 7) Para el caso de los mantenimientos preventivos y los monitoreos, se manejarán órdenes de trabajo para elementos de las redes hidráulicas de igual forma que para mantenimientos correctivos, por lo tanto tan solo se incluirán los tipos de servicio en el SII++, y para el manejo de la información adicional derivada de los trabajos (Fichas técnicas y actividades programadas), se establecerá enlace directamente con el SIGIR sin pasar por el SII++, para lo cual se definirán reuniones entre Extreme y GIR para programar los tipos de enlace y la información a cargar en las bases de datos respectivas.
  - 8) Para el programa POLÍGONOS DE AFECTACIÓN, como todavía se encuentra en diseño piloto la instalación de tag's en las válvulas del sistema, en el software de extreme control se desarrollarán campos que permitan almacenar la localización de las válvulas operadas mediante dos sistemas: una utilizando el dispositivo GPS de los celulares para enviar una localización aproximada y otro con un asistente de la dirección del predio más cercano a dicha válvula a CERRAR Ó ABRIR según sea el caso. Esto con el fin de tener bien establecidas las válvulas manipuladas durante los mantenimientos, las cuales deben quedar asociadas a la orden de trabajo. Para el reporte de los usuarios afectados, el operador definirá en el software POLÍGONOS DE AFECTACIÓN el elemento intervenido y este, de manera teórica establecerá el área de dicho corte y los usuarios afectados. Como el polígono generado no siempre va a concordar con el materializado en campo, se hace necesario que el operador revise y haga las correcciones respectivas en el software para que se genere el archivo plano con los usuarios realmente afectados. Estos usuarios afectados se almacenarán en la base de datos de extreme control asociándolos a cada orden de trabajo. La interfaz entre los dos software se definirá de manera conjunta, en reuniones posteriores.
  - 9) El grupo GIR diseñará un aplicativo, el cual deberá ser incorporado en la página web del amb S.A. ESP ([www.amb.com.co](http://www.amb.com.co)) por parte de la división de sistemas, que permitirá a los usuarios consultar las posibles afectaciones a las cuales se encuentren sometidos por algún mantenimiento correctivo o preventivo, digitando tan solo el código de suscriptor. Este aplicativo se entregará al finalizar la etapa de diseño del proyecto.
  - 10) Para las alarmas a definir en la aplicación Extreme Control, se estableció el tiempo máximo de respuesta en el cuadro anexo de tipos de servicio, a su vez se debe programar que el tiempo máximo para revisar las órdenes de trabajo en los casos que se requiera debe ser de máximo 3 horas. A su vez, se deben definir cuatro estados para las órdenes de servicio: un primer estado NORMAL de color VERDE para el periodo comprendido entre la fecha de solicitud y el 50% del tiempo máximo de respuesta; un segundo estado INTERMEDIO de color AMARILLO para el periodo comprendido entre el 50% y el 75% del tiempo máximo de respuesta; un tercer estado CRÍTICO de color NARANJA para el

periodo comprendido entre el 75% y el tiempo máximo de respuesta; un cuarto estado MUY CRÍTICO para el periodo que supere el tiempo máximo de respuesta.

Atentamente,

WILSON ALMEYDA REMOLINA

Con Copia: Ing. Jairo Fabián Jaimes Rojas , Jefe C. Eléctrica y Electrónica

Proyectó: Ing. Carlos Oviedo  
Ing. Andres Almeyda