

Universidad de las Ciencias Informáticas



**SISTEMA DE GESTIÓN SOBRE
PLATAFORMA MOVIL PARA SCADA APLICADO
EN LA EMPRESA AGUAS DE LA HABANA**

Trabajo final presentado en opción al título de
Máster en Informática Avanzada

Autor: Ing. Randy Plasencia Herrera

Tutor:

Dr. C. Carlos Eulalio Novo Soto

Dr. C. Roxana Cañizares González

Ciudad de La Habana, 12 de junio de 2018

Agradecimientos

A mis padres, hermano y esposa.

Al Dr. Carlos Eulalio Novo Soto.

A la Dra. Roxana Cañizares González.

A los trabajadores de la Empresa Aguas de La Habana, sin los cuales no hubiera sido posible la realización de este trabajo, muy especialmente a la Lic. María de los Ángeles Rabanillo, al Ing. Oscar Castro, a la Lic. Norma Elena Perryman Jones, al Ms. C Osvaldo Gómez Mandina y al Ing. Nelson Iván Barrionuevo Ortiz.

Dedicatoria

A mis padres

Declaración Jurada de Autoría y Agradecimientos

Declaro por este medio que yo Randy Plasencia Herrera, con carné de identidad 85060812822, soy el autor principal del trabajo final de maestría **SISTEMA DE GESTION SOBREPLATAFORMA MOVIL PARA SCADA APLICADO EN LA EMPRESA AGUAS DE LA HABANA**, desarrollada como parte de la Maestría en Informática Avanzada y que autorizo a la Universidad de las Ciencias Informáticas a hacer uso de la misma en su beneficio, así como los derechos patrimoniales con carácter exclusivo.

Y para que así conste, firmo la presente declaración jurada de autoría en La Habana a los ____ días del mes de _____ del año _____

Randy Plasencia Herrera

Firma del Autor

Resumen

La empresa Aguas de La Habana cuenta con un Sistema de Control y Adquisición de Datos propietario, que permite dar un seguimiento, desde el puesto de mando, del estado del proceso de extracción, purificación y traslado del agua potable de los 200 pozos que posee. Sin embargo, presenta problemas de conectividad, inmediatez y acceso oportuno a la información procedente de los mismos, lo que conlleva a que los directivos y decisores no se enteran con suficiente prontitud de los fallos que ocurren en el proceso.

El objetivo es desarrollar una aplicación móvil, que permita conectarse al Sistemas de Control y Adquisición de Datos de la empresa, a través del Paquete General de Servicio vía Radio, para aumentar su nivel de gestión y disminuir los tiempos de aviso ante situaciones de alertas y alarmas facilitando la oportuna toma de decisiones.

Se utiliza Programación Extrema como metodología, Android Studio como herramienta de desarrollo, la base de datos SQL Server, la biblioteca gráfica Mike Phil, XML para la interfaz gráfica, JAVA como lenguaje de programación, la tarjeta Sim con GPRS, Lucid Chart como herramienta CASE y UML para el modelado.

A partir de la validación mediante las Pruebas de Aceptación para el nivel de funcionalidad, Mann-Whitney para el tiempo de aviso, IADOV para el Índice de Satisfacción Grupal y Encuestas para el Nivel de Gestión, se pudo comprobar que se disminuyó el tiempo de aviso, ante situaciones de alertas y alarmas y se aumentó el nivel de gestión cumpliéndose con la hipótesis planteada.

Palabras Clave: Alertas, Android, GPRS, SCADA, Tele Control, toma de decisiones

Abstract

The company Aguas de La Habana has a data acquisition and Control system owner who allows a follow-up from the command post, the State of the process of extraction, purification and transfer of the drinking water of 200 wells that possesses. However, it presents problems of connectivity, immediacy, and timely access to the information derived therefrom, which leads to managers and decision-makers are not aware enough promptly the failures that occur in the process.

The aim is to develop a mobile application that allows you to connect to the systems of Control and data acquisition of the company, using the General Packet Radio service, to increase its level of management and reduce warning times in situations of alerts and alarms to facilitate timely decision making.

Used extreme programming methodology, Android Studio as a tool of development, SQL Server database, the graphic library Mike Phil, XML for GUI, JAVA as programming language, the SIM with GPRS, Lucid Chart as tool CASE and UML for modeling.

From validation through acceptance testing for the level of functionality, Mann-Whitney for the time of notice, IADOV group satisfaction index and surveys for the management level, failed to verify that it decreased the time of notice, to situations of alerts and alarms and increased the level of management complying with the hypothesis.

Keywords: Alerts, Android, GPRS, SCADA, Tele Control, decision making

Índice

Resumen	1
Introducción.....	1
CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN	9
1.1 Antecedentes de los SCADA. Conceptualización y evolución.	9
1.2 Adquisición de datos mediante sensores	10
1.3 Sistemas Móviles vinculados a sistemas SCADA y necesidad de una nueva herramienta.	11
1.4 Movilidad	16
1.5 Red de comunicación de la Empresa Aguas de La Habana.....	17
1.6 Seguridad	19
1.7 Android. Surgimiento.....	21
1.7.1 Plataforma Android	22
1.7.2 Android. Su Arquitectura	23
1.8 La vista.....	25
1.9 El modelo.....	26
1.10 El presentador.....	27
1.11 Medios, herramientas y bibliotecas utilizadas	27
1.12 Metodología del proceso de desarrollo del sistema propuesto.....	30
CAPÍTULO 2. PROPUESTA DE SOLUCIÓN	33
2.1. Planificación.....	33
2.1.1. Historias de usuario	37
2.2. Diseño	38
2.2.1. Patrones utilizados en el desarrollo de la solución	39
2.2.1.1. Patrones GOF.....	40
2.2.1.2. Patrones GRASP.....	41
2.2.1.3. Patrones propios de Android	42
2.2.2. Diagrama de clases de la aplicación	43
2.2.3. Tarjetas Clase-Responsabilidad-Colaboración	46
2.2.4. Modelo físico.....	47
2.3. Codificación.....	49
2.3.1. Tareas de Ingeniería	49
2.4. Solución en imágenes	53
CAPÍTULO 3. VALORACIÓN ECONÓMICA, RESULTADOS Y VALIDACIÓN	58
3.1. Validación de los resultados	58
3.1.1. Pruebas de Aceptación para el nivel de funcionalidad.....	58
3.1.2. Utilizando IADOV para Índice de Satisfacción Grupal	59

3.1.3.	Encuesta para Nivel de Gestión alcanzado	61
3.1.4.	Validando tiempo de aviso con Mann-Whitney	62
3.2.	Ahorro de tiempo	70
3.3.	Ahorro de recursos económicos	71
3.3.1.	Ahorro por llamadas telefónicas vs tarifa GPRS	73
3.3.2.	Costos de desarrollo vs comprarlo	74
3.4.	Resultados y Discusión	76
Conclusiones		79
Recomendaciones		80
Anexos		88

Índice de Tablas:

<i>Tabla 1. 1 Características de los sistemas estudiados. Fuente: Elaboración Propia</i>	14
<i>Tabla 2. 1 Características del nuevo sistema AGUAS_MOVIL. Fuente: Elaboración propia</i>	33
<i>Tabla 2. 2 Resumen de historias de usuarios. Fuente: Elaboración Propia</i>	38
<i>Tabla 2. 3 Tarjeta CRC Usuario. Fuente: Elaboración propia</i>	46
<i>Tabla 2. 4 Resumen de las tareas de ingeniería. Fuente: Elaboración propia</i>	49
<i>Tabla 3. 1 Pruebas de aceptación realizadas. Fuente: Elaboración propia</i>	58
<i>Tabla 3. 2 Usuarios, años de trabajo y resultados. Fuente: Elaboración propia</i>	59
<i>Tabla 3. 3 Matriz de operacionalización de las variables. Fuente: Elaboración propia</i>	64
<i>Tabla 3. 4 Listado de muestras en segundos. Fuente Elaboración Propia</i>	66
<i>Tabla 3. 5 Distribuciones Ajustadas. Fuente: Elaboración propia</i>	68
<i>Tabla 3. 6 Pruebas de Normalidad para A. Fuente: Elaboración propia</i>	69
<i>Tabla 3. 7 Sesgo y Curtosis estandarizados. Fuente: Elaboración propia.</i>	69
<i>Tabla 3. 8 Comparativa de costos. Fuente: Elaboración propia.</i>	73
<i>Tabla 3. 9 Planes ofertados por ETECSA. Fuente: (ETECSA, 2016)</i>	74
<i>Tabla 3. 10 Costo de la telefonía vs GPRS. Fuente: Elaboración propia.</i>	74

Introducción

La toma de decisiones constituye un proceso imprescindible para el adecuado y acertado funcionamiento de una organización. En este sentido, muchos investigadores como Shull, Delbecq, y Cummings (1970), Bourgeois y Eisenhardt (1988), Janis (1989), Nutt (1993), Murnighan y Mowen (2002), afirman que el desempeño organizacional satisfactorio requiere una eficiente toma de decisiones y una efectiva implementación. Precisamente esta eficiente y efectiva implementación recae en manos de aquellos individuos que tienen la responsabilidad de tomar decisiones, es decir, los directivos de las Organizaciones. (Rodríguez Cruz & Pinto Molina, 2014)

En la actualidad las empresas se ven regidas por un ambiente altamente competitivo, el cual exige una constante toma de decisiones estratégica. La importancia de la información para estas radica en que es un recurso esencial, y la utilizan al desempeñar sus operaciones diarias y de manera estratégica para la búsqueda de un alto nivel competitivo. Es por eso que se necesita integrarla y tenerla disponible en el momento adecuado para que pueda ser analizada por los decisores. Es ahí que las herramientas tecnológicas juegan un papel decisivo al integrar los datos y aumentar el valor que aportan los mismos para la empresa. (Castro, 2015)

El impetuoso desarrollo tecnológico genera un gran impacto en todos los ámbitos y niveles de la sociedad actual y condiciona las relaciones que establecen los seres humanos entre ellos. Cada día se evidencia más la dependencia de las TI (Tecnologías de la Información) en las organizaciones para lograr mejorar su funcionamiento (Santos Hernández, 2009). El software ha constituido una herramienta decisiva para ello, contribuyendo al aumento de la productividad de muchas empresas en medio de una economía global cada vez más dependiente del conocimiento (Santos Hernández, 2009), incorporando soluciones para los diferentes tipos de problemas.

El poderoso auge de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) ha cambiado los paradigmas y estrategias reconocidas y establecidas por muchos años como válidas. Dentro de las TIC, la industria del software alcanza una posición relevante, por su característica de controlar o hacer accesible, en la mayoría de los casos, los adelantos electrónicos. Un ejemplo de ello se encuentra al analizar los modernos sistemas de posicionamiento global (GPS) instalados en los autos que permita la navegación orientada dentro de las grandes ciudades. Estos dispositivos requieren de un software que proporcione la interfaz que las personas necesitan para entender los datos ofrecidos por el sistema (Santos Hernández, 2009). En muchos países, principalmente del primer mundo, desde hace ya algunos años, existe un uso práctico y extendido de los móviles tanto en el entorno personal como empresarial, por las facilidades que ellos ofrecen. Existe una gran interoperabilidad entre aplicaciones de diversos tipos que son capaces de intercambiar información entre sí para lograr objetivos afines.

El rápido crecimiento de los teléfonos inteligentes (Wigginton, Lee, Curran, & Aytolu, 2016) y de las tiendas de aplicaciones ha introducido una amplia gama de aplicaciones móviles en el mercado,

estimulando la fascinación de los clientes con sus nuevos teléfonos de alta tecnología. Muchas de estas aplicaciones hacen uso de las cámaras de los teléfonos inteligentes, GPS y del acceso a Internet, lo que da lugar a nuevas características que muchos consumidores encuentran útiles. (Sundberg, Lozanova, & Fall, 2011)

En Cuba este auge está comenzando a ocurrir en estos momentos y se prevé que cada día cobre mayor fuerza, sobre todo para el sector empresarial, con la gestión de sus procesos a través de los móviles y permitiendo a la población el acceso a sus servicios de una manera rápida y directa. Para el sector particular se prevé un aumento en el acceso a internet (del Valle, 2010), (Directivos de ETECSA en la Mesa Redonda, 2013), (Administrador, 2015), (Rubio, 2015).

En la vida empresarial también ha ocurrido un despertar en cuanto al uso de los móviles, un ejemplo de esto es la aplicación **HabanaTrans** que se encarga de mostrar todas las rutas de ómnibus en el mapa en la capital; además se encuentra **CorreosDeCubaMóvil**, donde se muestran los servicios que este ofrece y el rastreo de envíos postales; **SegurmáticaSeguridadMóvil**, para proteger nuestro celular Android de la empresa Segurmática; **EnTuMóvil** de la empresa Desoft, entre otros. (Noris Martínez, 2017).

Los dispositivos móviles han incorporado una serie de vías de comunicación que le han permitido enviar y recibir datos e información prácticamente en tiempo real haciendo que las personas cada día estén más conectadas. Estas vías pueden ser Bluetooth, WIFI, el Servicio General de Paquetes vía Radio (GPRS), entre otras. En Cuba, una de las variantes más usadas es la GPRS la cual es una evolución del Sistema Global para las Comunicaciones Móviles (GSM). Las principales características de GPRS son: la transmisión de datos no conmutados o por paquetes (frente a la conmutación por circuitos existente hoy en GSM) y su mayor velocidad de transmisión (de 56 a 144 Kbit/segundo). Además, GPRS proporciona una mayor eficacia en el acceso a Internet y a redes corporativas, gracias a la extensión del protocolo IP hasta el terminal móvil. En general, GPRS está posicionado como un estándar de transición a sistemas de mayor velocidad. Mediante GPRS es posible en las redes 2G o 3G acceder a internet, usar el correo electrónico, los Servicios de Mensajes Cortos (SMS) y el Servicio de Mensajes Multimedia (MMS) y el protocolo de navegación Inalámbrica (WAP) en dispositivos sencillos. (Carrodegua Norfi, 2015)

Las empresas para insertarse en este mundo tan competitivo necesitan modernizarse, utilizando para sí los adelantos que ofrecen los nuevos descubrimientos y aplicarlos para lograr ventajas estratégicas. Con el objetivo de facilitar las tareas de los operarios, en cuanto a supervisión y control de los procesos es que surge la supervisión con ordenador que permitió el surgimiento de los Sistemas de Control y Adquisición de Datos (SCADA) conectados a través de uno a varios Controladores Lógicos Programables (PLC). (Brito Barroso & Ballesteros, 2016).

El SCADA es una aplicación de software, con acceso a una planta mediante comunicación digital con los instrumentos y actuadores, e interfaz gráfica del alto nivel con el usuario. Este nuevo enfoque

propone la evolución del control y supervisión hacia sistemas basados en ordenadores. Esto proporciona que los ordenadores realicen diferentes tareas tales como: gestión de datos, visualización de la información, intercambio de información a través de la red de ordenadores, entre otros. (Vilanova, 2007) (Pérez López, 2015)

Los sistemas SCADA han ido evolucionando en el tiempo y han ido incorporando las nuevas tecnologías. Un ejemplo de estas tecnologías son los móviles que permiten un conjunto grande de facilidades de comunicación, tanto en telefonía celular como en las nuevas vías de comunicación que éstos presentan y en el uso de aplicaciones que facilitan la realización de tareas o procesos.

Los SCADA y los PLC han incorporado estas tecnologías, permitiendo, mediante licencias que se compran a sus propietarios, el desarrollo de aplicaciones en los móviles para el control y/o gestión de los procesos que estos gestionan.

Internacionalmente existen diversos sistemas móviles vinculados a los sistemas SCADA, de ellos se analizaron: **TeslaScada** MULTI-PLATFORM SOLUTION (Technical Support, 2016), **ScadaMobile** (Lluch, 2013) y **ProSoft i-View** (ProSoft Technology, 2017). Estos sistemas, se pueden comunicar mediante GPRS u otros, y se pueden visualizar interfaces de salida muy parecidas al ambiente de trabajo de una computadora de escritorio. La principal desventaja es que son sistemas propietarios, del cual no se conoce el código fuente, lo que obstaculiza la soberanía tecnológica tan importante en Cuba. En Cuba, con la Actualización de los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución para el período 2016-2021 aprobados en el 7mo Congreso del Partido en abril del 2016 y por la Asamblea Nacional del Poder Popular, se delimitaron una serie de pautas a seguir y dentro de ellas están las encaminadas al desarrollo propio y sostenible como son el 24, 98, 99 y 108. (CCPCC, 2017). Se necesita cumplir con los mismos para estar en concordancia con las líneas estratégicas del país.

Cuba no está ajena al avance de la ciencia y uso de tecnología moderna, por lo que ha logrado introducir en algunos procesos productivos sistemas SCADA como son el caso del SCADA SAINUX desarrollado en la Universidad de Las Ciencias Informáticas (UCI) el cual tiene vinculación con los dispositivos móviles (Antunez Ojeda & Cedeño Pozo, 2015). Este sistema cuenta con salidas a los móviles principalmente mediante mensajes de texto que utilizan la vía GSM, en donde se pueden visualizar las alertas y alarmas generadas, pero no cuenta con una interfaz propia en los dispositivos móviles por donde se puedan gestionar las distintas opciones, ni ver las variables del SCADA en tiempo real mediante gráficas, etc.

Otro sistema analizado es el SCADA Guardián del ALBA que también cuenta con su versión para dispositivos móviles (Díaz Ramos & Hernández Díaz, 2015), el cual es muy parecido al SAINUX, presentando características similares.

La empresa Aguas Varadero utiliza un sistema SCADA (Verdecia Lorente, Machado Bulgueras, & Gustabello Cogle, 2016), en la cual se tiene un SCADA con conexión sobre la red de datos GPRS,

aunque todavía no se ha desarrollado una salida para dispositivos móviles. En este municipio, los pozos y estaciones solamente usan esta vía de comunicación para la red del SCADA entre los distintos PLC. Está en planes el desarrollo de una salida para móviles, pero aún no se ha realizado.

Otra empresa cubana, Aguas de Santa Clara, cuenta con un sistema SCADA pero sin la vinculación con los dispositivos móviles (Brito Barroso & Ballesteros, 2016). En los documentos analizados se prevé la posibilidad de la conexión por GPRS y el uso de móviles, pero estas variantes no son usadas ya que se documenta que los costos son altos por pagar el servicio de GPRS, pero en cambio estos pozos y estaciones de bombeo, a diferencia de los de La Empresa Aguas de La Habana, son mucho menos y la mayoría tiene otras vías de conexión con el PLC central de su provincia.

Aguas de La Habana cuenta con aproximadamente 200 pozos de extracción de agua en la actualidad. Estos son monitorizados por un sistema SCADA, el cual logra comunicarse con solamente el 10 % de los mismos. El restante 90% está completamente aislado, y trabajan en su mayoría con operarios los cuales tramitan la información relevante al puesto de mando, mediante llamadas telefónicas. Algunos de estos, tampoco cuentan con teléfonos, y la información debe trasladarse por cualquier vía hasta donde exista alguna vía de comunicación, para así ser informada.

La empresa Aguas de la Habana, tratando de mejorar esta situación, se involucró en un proceso inversionista, mediante el cual, se reemplazó la vía de comunicación entre los PLC de las subestaciones y el PLC de la sede central, a través de GPRS. Esto se logró mediante un contrato con ETECSA, el cual eliminó las interrupciones del servicio y permitió, además, acceder a los PLC a través del protocolo TCP/IP. Con la culminación de este proceso se pudieron conectar al SCADA la totalidad de los pozos. A pesar de las inversiones o transformaciones realizadas, aún es ineficiente la toma de decisiones oportuna y ágil. Esto está dado porque los directivos, especialistas y decisores, no radican en el puesto de mando o telecontrol, y se pueden encontrar en cualquier lugar de Cuba, sin conectividad directa con la empresa.

Cuando se generan alertas o alarmas en el puesto de mando o telecontrol, esta es recibida por los operarios que se encuentra allí, pero siempre el aviso al directivo, decisor o especialista tarda en llegar a ellos, ya que en muchas ocasiones estos no están en la empresa físicamente y no es posible contactarlos por ninguna vía. Estos operarios tienen un primer poder de decisión que es independiente al del directivo, decisor o especialista, pero siempre se necesita avisar a estas personas en el menor tiempo posible ya que ellos son los encargados y máximos responsables del correcto suministro del agua potable a la población y pueden corregir cualquier decisión adoptada por el puesto de mando o telecontrol.

Esta alta gerencia de la empresa (que incluye directivos, decisores, especialistas y jefes de brigada) tiene un grupo de información y necesidades que no tienen por qué coincidir con las del despacho o puesto de mando, donde se recopilan los datos del SCADA y se hace el control primario de este, ante variaciones de alertas y alarmas. Es por eso que, para este grupo de personas, se hace necesario

contar con un nivel de gestión de los datos del SCADA, con sus particularidades, propia de decisores, donde se controle la información que para este grupo de personas es necesaria y que esto no traiga conflictos con el normal comportamiento del SCADA en el puesto de mando.

Aunque el fin de ambos grupos, alta gerencia y puesto de mando, es el mismo, o sea, lograr mejorar el servicio de agua y resolver los problemas que ocurran en el menor tiempo posible, ambos, por separado, tienen a su nivel, acciones e intereses diferentes, es por eso que, la alta gerencia necesita contar con un nivel de gestión de los datos del SCADA independiente al del puesto de mando.

Basándose en lo anterior se puede deducir que el **problema a resolver sería**: ¿Cómo disminuir los tiempos de aviso ante situaciones de alarmas y alertas, generadas por el SCADA, y aumentar su nivel de gestión, por parte de los directivos y decisores de la empresa Aguas de La Habana?

Se entiende por tiempo de aviso al lapso de tiempo transcurrido desde el momento en que se genera la alerta y/o alarma en el puesto de mando o telecontrol y el momento en que la información del evento le llega al directivo, decisor o especialista donde quiera que se encuentre. Por nivel de gestión se consideran las posibilidades de configuración de alertas, alarmas, usuarios y equipos, que debe permitir el sistema, referidos a la inserción, modificación y eliminación de los valores a configurar.

Se plantea como **objetivo general** desarrollar un sistema de gestión sobre plataformas móviles, que a través de GPRS, se conecte al SCADA de la empresa Aguas de La Habana, para disminuir el tiempo de aviso ante situaciones de alarmas y alertas y aumentar su nivel de gestión, por parte de los directivos y decisores.

Para resolver el problema se plantea la siguiente **hipótesis**: Con el desarrollo de un sistema de gestión sobre plataforma móvil para el SCADA de la empresa Aguas de La Habana, a modo de complemento del mismo, utilizando GPRS como vía de comunicación, se disminuirá el tiempo de aviso ante situaciones de alarmas y alertas y se aumentará el nivel de gestión de las mismas, por parte de sus directivos y decisores.

El **objeto de estudio** es el proceso de desarrollo de aplicaciones móviles y su integración con Sistemas SCADA.

El **campo de acción** es el Sistema de gestión sobre plataforma móvil y su integración vía GPRS con el SCADA de la empresa Aguas de La Habana.

A partir del análisis del objetivo general se derivan los siguientes **objetivos específicos**:

- Elaborar el marco teórico a partir del análisis del estado del arte sobre el desarrollo de aplicaciones en Android vinculados a sistemas SCADA.
- Implementar el sistema sobre plataforma móvil, que a través de GPRS, se conecte al SCADA de la empresa Aguas de La Habana y reciba las notificaciones de alertas y alarmas.
- Validar los resultados obtenidos a partir de métodos científicos.

Se utilizaron varios **métodos de investigación**, según (Rubín Martín, 2017), dentro de los **teóricos** los siguientes:

- **Hipotético-deductivo:** Para la elaboración de la hipótesis central de la investigación a partir de los problemas existentes.
- **Analítico-sintético:** Para analizar las fuentes bibliográficas y extraer la información más importante que se relaciona con el objeto de estudio. Durante todo el proceso investigativo se hace un estudio de la bibliografía relacionada con el tema y a partir del análisis realizado se selecciona una síntesis de lo estudiado. Se utiliza además para el procesamiento de la información y arribar a las conclusiones de la investigación.
- **Histórico-lógico:** Para la realización de la investigación se hace necesario estudiar la evolución del problema y la existencia de metodologías y procedimientos similares al que se pretende elaborar; determinando cuáles son las tendencias actuales para el desarrollo de soluciones en Android y su vinculación con los sistemas SCADA, teniendo en cuentas los antecedentes, el estado actual, las tendencias y otros sistemas similares desarrollados.
- **Inductivo-deductivo:** Está conformado por dos procedimientos inversos: inducción y deducción. Se utiliza para el paso del conocimiento de casos particulares a un conocimiento más general, que refleja lo que hay de común en los fenómenos individuales. Su base es la repetición de hechos y fenómenos de la realidad, encontrando los rasgos comunes en un grupo definido, para llegar a conclusiones de los aspectos que lo caracterizan. Las generalizaciones a que se arriban tienen una base empírica. Ante el problema existente en la empresa, y ante el conocimiento de casos parecidos en otras empresas y sus soluciones, con sus puntos en común, se deduce lo que se debe realizar, en este caso, el desarrollo de una aplicación móvil con ciertas características. (Rodríguez Jiménez & Pérez Jacinto, 2017)

Dentro de los métodos **empíricos** se utilizaron los siguientes:

- **Observación:** Para obtener información de cada uno de los conceptos o variables definidas en la hipótesis.
- **Entrevista:** Para obtener la información necesaria acerca de la problemática. Se utiliza para obtener información en forma verbal, a través de preguntas que se proponen para conocer en detalle sobre el tema que se investiga.
- **Encuesta:** Se utilizó como una de las formas de validar la solución propuesta utilizando la fórmula de IADOV.

Con el desarrollo de la aplicación en Android se obtendrá el siguiente **aporte práctico:**

- Una aplicación (APK) desarrollada sobre dispositivos móviles, que a través de GPRS, desde cualquier lugar de Cuba, es capaz de gestionar la información procedente del SCADA de la empresa Aguas de La Habana y notificar a directivos, decisores y especialistas las alarmas y alertas generadas.

Novedad:

Dotar a Aguas de La Habana de una aplicación sobre dispositivos móviles, como complemento al sistema SCADA de la empresa, para aumentar el nivel de gestión del mismo, permitiendo disminuir los tiempos de aviso ante situaciones de alarmas y alertas lo que podría facilitar una oportuna toma de decisiones por parte de los especialistas, directivos y decisores.

Se considera la introducción de esta tecnología en Cuba como algo novedoso ya que solo se tiene información a partir del estudio del estado del arte de que existe una empresa cubana que cuenta con dispositivos móviles vinculados al SCADA, la cual es la UCI con sus dos sistemas SAINUX y Guardián del Alba. Por otra parte, referente al uso del GPRS, Aguas Varadero tiene parte de su infraestructura desarrollada en este sentido, aunque sin el uso de los móviles. Por su parte Aguas Santa Clara hace un estudio de su factibilidad, tanto del uso de móviles como del GPRS, pero no lo aplica.

La principal novedad es que se desarrolla un sistema de gestión a profundidad donde se pueden configurar las alertas y alarmas, los usuarios del sistema, el proceso de notificaciones, además de permitir visualizar gráficamente todas las variables presentes en el SCADA prácticamente en tiempo real. Todo esto desarrollado sobre una interfaz nativa en Android, donde las salidas de las estaciones aparecen ordenadas de mayor a menor categoría.

El presente documento está estructurado de la siguiente forma:

Capítulo 1: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

Este capítulo hace un análisis de los principales conceptos relacionados con el objeto de estudio y el campo de acción. Además, contiene un análisis de otros sistemas desarrollados similares vinculadas al campo de acción. También presenta la metodología de desarrollo de software utilizada además de las herramientas, lenguajes y tecnologías a tener en cuenta para el proceso de desarrollo de soluciones basadas en Android, con GPRS. Se tiene en cuenta además las particularidades de la empresa Aguas de La Habana.

Capítulo 2: PROPUESTA DE SOLUCIÓN

En este capítulo se presenta una propuesta de solución a la problemática anteriormente planteada, se desglosan las características funcionales que debe cumplir el sistema y las personas que este involucra. También se muestran las historias de usuario, los distintos artefactos generados durante el desarrollo de la solución. Se amplía en los patrones utilizados en la solución, las características propias del sistema a desarrollar en cuanto a medios y herramientas utilizados.

Se hace un recorrido por las principales pantallas de la aplicación para tener una aproximación más detallada de la solución.

Capítulo 3: VALORACIÓN ECONÓMICA, RESULTADOS Y VALIDACIÓN

En este capítulo se abordan las pruebas de aceptación realizadas al sistema por parte de personal preparado con años de experiencia y resultados laborales. Además, se validan los resultados obtenidos a través de IADOV y de Mann-Whitney. Se hace una valoración económica de los costos y ganancias que para la empresa trae como resultado la implantación de la solución desarrollada, así como el aporte social que conlleva. Finaliza el capítulo con los objetivos cumplidos, así como una serie de recomendaciones para un mejor uso y desarrollo del sistema.

CAPÍTULO 1. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

Introducción

En el presente capítulo se realiza un análisis sobre la fundamentación teórica de la investigación que se desarrolla, tratando los conceptos fundamentales que se manejan durante el proceso de elaboración del software, la toma de decisiones y la importancia de la automatización de los procesos en el uso racional del agua a través de los SCADA. Se hace un estudio de otros sistemas existentes, además de explicar por qué no se puede usar ninguno de ellos y se opta por el desarrollo de uno nuevo adaptado a las características de la empresa Aguas de La Habana.

1.1 Antecedentes de los SCADA. Conceptualización y evolución.

Al inicio de la era industrial, el control de la manufactura y las plantas de procesos fue hecho de manera mecánica (manual o hidráulico). Con el paso del tiempo estos controles mecánicos se fueron reemplazando por lazos de control empleando transductores, relevadores y circuitos de control alambrados. Luego comenzaron a fabricarse los controladores digitales los cuales sustituyeron estos controladores análogos. Este movimiento hacia sistemas digitales conllevó la creación de nuevos protocolos de comunicación en las estaciones de trabajo y entre los micro controladores. Con el paso del tiempo estos sistemas digitales se enlazaron y crearon redes en todos los niveles del control industrial llegando incluso hasta los equipos de oficina. (Cárdenas, 2013)

En la década de los años 60, los sistemas SCADA comenzaron a popularizarse en las economías industrializadas para enfrentar las crecientes necesidades de monitorear y controlar equipamiento remoto.

Los primeros SCADA eran simples sistemas que proporcionaban reportes periódicos de las variables de campo, vigilando las señales que representaban medidas y/o condiciones del estado de la planta desde ubicaciones generalmente remotas, en muchos casos lo que se hacía era imprimir o registrar en papel la información de las variables de la planta, para tener un histórico de los eventos que ocurrían durante la operación del proceso. Estos sistemas ofrecían capacidades muy simples para monitorizar y controlar, sin proveer funciones de aplicación alguna. La visión del operador del proceso estaba basada en instrumentos y señalizaciones lumínicas montadas en paneles llenos de indicadores.

Con el paso del tiempo y la consecuente evolución de la tecnología, estos sistemas han pasado de ser marcos de trabajo monolíticos a emplear arquitecturas más flexibles y que les han permitido incorporar una mayor seguridad y precisión, así como también niveles más altos de adaptación, flexibilidad y funcionalidad. Evolucionaron desde los “Monolíticos SCADA”, pasando por “SCADA Distribuido” hasta llegar a los “SCADA en Red”. Algunos investigadores consideran una cuarta evolución que llaman “Internet de las cosas SCADA”. (Ujvarosi, 2016)

De la mano de los avances en las TI, los fabricantes también han ido implementando nuevas prestaciones en sus productos. Entre ellas, la introducción de estándares TI modernos y prácticos, como SQL y las interfaces web. Esto, sin dudas, ha mejorado la eficacia, la seguridad, la productividad y la fiabilidad de estas plataformas. Los sistemas SCADA modernos posibilitan el acceso en tiempo real a los datos del piso de planta desde cualquier parte en el mundo, lo que permite a los operadores tomar decisiones sobre cómo mejorar sus procesos. En la actualidad sin un SCADA, sería extremadamente difícil, si no imposible, recopilar datos suficientes para decisiones consistentemente bien informadas y oportunas. (Equipo de Prensa, 2016)

Para Arturo Vargas, Regional Marketing Manager Latin America & Canada, (Administrador de Marketing Regional para América Latina y Canadá) la funcionalidad más relevante que está cambiando la arquitectura de los SCADA, sin importar el sector industrial en el que se emplee, es la descentralización de la toma de decisiones. La idea es dejar que mucho del cómputo, análisis y toma de decisiones se hagan en los nodos (o lo más cercano a ellos), y no necesariamente en el sistema central. Es decir, en vez de que los nodos solo reciban y envíen información, toman decisiones ahí mismo sobre qué es relevante y están comunicados entre ellos para facilitar este proceso”, precisa. (Equipo de Prensa, 2016)

Los sistemas SCADA evolucionan constantemente. Mientras más dinámico sea un SCADA y aplicable a distintas áreas de una empresa, esta herramienta será más útil. Entre las nuevas funcionalidades que se les han incorporado a estas soluciones, se destaca la interoperabilidad con distintas marcas y aplicaciones, la visualización de pantallas a través de Internet, la utilización de dispositivos móviles para realizar supervisión del sistema y la incorporación de otras características de control (CCTV, KPIs, páginas web, etc.). (Equipo de Prensa, 2016)

La evolución de estos sistemas SCADA y PLC, se ven no solo enfocadas hacia la incorporación de nuevas tecnologías, sino de ir incorporándolas utilizando buenas prácticas de desarrollo. De esta forma se logra un desarrollo exitoso de los nuevos sistemas interoperables. Por eso, tiene vital importancia el uso de los patrones de diseño, que se encuentran disponibles tanto para los dispositivos móviles, como para el desarrollo de nuevas aplicaciones en general.

1.2 Adquisición de datos mediante sensores

La adquisición de datos no es más que lograr obtener las señales adecuadas que representen los fenómenos físicos que están sucediendo en cada instante en los procesos productivos. Para tomar estas señales es importante que se tengan en cuenta los fenómenos físicos que se desean medir, ya que no todos los sensores sirven para lo mismo, cada uno se especializa en un fenómeno en particular. (A.N, F.L, & D.O., 2006).

Estos pueden ser digitales o analógicos, pero en última instancia su propósito es el mismo: ayudar a los usuarios a medir y recopilar datos de varios lugares, generalmente remotos. Cuanto más complejo el sistema, más sensores se necesitan en el lugar. Varían los tipos de sensores que se encuentran en sistemas SCADA. Pueden medir entradas (agua llenando un tanque) o salidas (presión de la liberación de aire o agua). Sensores digitales miden entradas "discretas", o simples señales de encendido/apagado. Por ejemplo, sensores digitales pueden decirle si una luz está encendida o una alarma se ha disparado. Sensores analógicos pueden detectar cambios continuos en un sitio y a menudo se utilizan para situaciones donde es necesaria una medición exacta. Aplicaciones comunes incluyen comprobación de niveles de agua, temperatura y voltaje. (Chelsea, 2016)

Los sensores son dispositivos usados para proporcionar información sobre la presencia o ausencia de un objeto. Los sensores incluyen interruptores de límite, fotoeléctricos, inductivos, capacitivos y sensores ultrasónicos. Estos productos vienen en varias configuraciones para satisfacer prácticamente cualquier requisito en aplicaciones comerciales e industriales. Existen varios tipos y subtipos de sensores (Kumbhar, 2015), (Denholm, 2017), (Corporate author, 2018). En la empresa Aguas de La Habana se utilizan para medir seis parámetros principales y se usan indistintamente de un tipo o de otro.

Los que se encuentran en la empresa Aguas de la Habana son:

- Sensores de presión
- Sensores de caudal aguas
- Sensores para concentración de cloro
- Sensor para estado de los motores
- Sensor para nivel de tanque
- Sensor para nivel de los canales

1.3 Sistemas Móviles vinculados a sistemas SCADA y necesidad de una nueva herramienta.

Los teléfonos móviles han evolucionado desde sus inicios. Ver Figura 1.1. Cada día tienen más prestaciones y son capaces de realizar mayor cantidad de operaciones. Es por esto que en la actualidad incluyen una serie de funcionalidades muy similares a las convencionales computadoras, aunque su nivel de cómputo todavía es mucho menor que estas. (Valero, 2015).

Esta misma evolución ha traído consigo que muchos procesos que antes solo se desarrollaban en ambientes de computadoras, ahora sea posible su desarrollo desde los dispositivos móviles. Ya existe un sinnúmero de aplicaciones desarrolladas en estos dispositivos para la gestión de los procesos empresariales. Han evolucionado de varias formas, dentro de ellas: tamaño, vías de comunicación, modo de interactuar, tamaño de la pantalla, así como en la capacidad de procesamiento interno que le permite realizar operaciones más complejas que en sus inicios. (Fling, 2017).

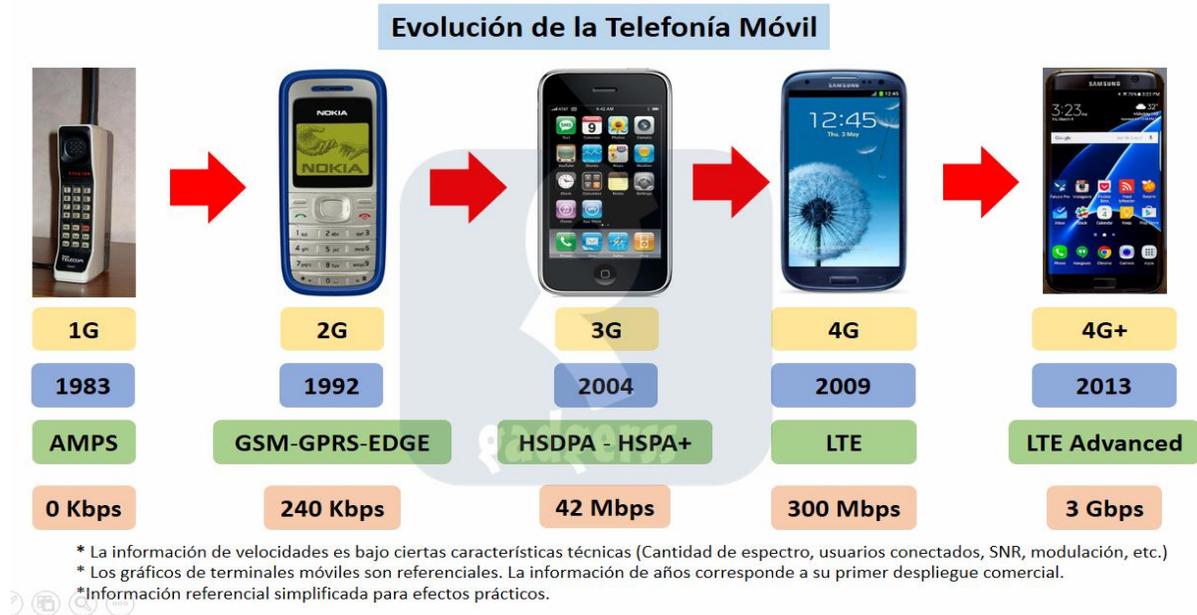


Figura1. 1 Evolución de los móviles. Fuente: (Fernanda, 2015)

En el caso particular de los SCADA, estos han adaptado su infraestructura para que sea compatible con estos nuevos adelantos de la ciencia y ya existen aplicaciones que son capaces de instalarse en estos dispositivos y desde ellos es posible tener cierto nivel de control y/o notificación de los estados de muchos de los procesos que estos controlan.

En el mercado internacional se encuentran varios sistemas desarrollados en Android que se vinculan a los PLC y sistemas SCADA, algunos de ellos son:

- **TeslaScada MULTI-PLATFORM SOLUTION:** Paquete de sistemas que engloban cuatro sistemas fundamentales los cuales son: (Technical Support, 2016)
 - ✓ **TeslaScada2:** Es una solución SCADA y la Interfaz Hombre Máquina (HMI) para sistemas operativos Mac OS, Windows, Linux, Android e iOS para acceder directamente a los datos de producción y procesamiento, utilizando los protocolos de comunicación industrial más conocidos como Modbus TCP, Siemens ISO / TCP, Ethernet / IP y OPC UA.
 - ✓ **TeslaScada:** Solución para el acceso seguro a la producción y procesar datos a través de teléfonos inteligentes y otros dispositivos Android, utilizando el estándar de comunicación industrial OPC UA.
 - ✓ **TeslaModbusScada:** Es un SCADA para acceder a datos de producción y proceso a través de teléfonos inteligentes y otros dispositivos Android, utilizando el protocolo de comunicación industrial Modbus TCP (UDP).

- ✓ **TeslaMultiScada:** Es un SCADA para acceder a datos de producción y proceso a través de teléfonos inteligentes y otros dispositivos Android, utilizando los protocolos de comunicación industrial - Modbus TCP (UDP), Siemens ISO / TCP y Ethernet / IP.
- **ScadaMobile:** Es adecuado para el iPhone, iPod Touch y el IPAD. Se trata de una aplicación simple HMI / SCADA para la supervisión de las variables y la memoria de los PLC y RTU. Esta aplicación es ideal para ingenieros de la planta, los desarrolladores de software PLC, personal de mantenimiento, y cualquier persona que trabaja con sistemas basados en PLC. Es compatible con las principales marcas de PLC de EE.UU. y Japón y puede ser utilizado como un operador móvil local o remoto. (Lluch, 2013)
- **ProSoft i-View:** Se trata de una aplicación móvil SCADA HMI que permite la monitorización remota y control de los valores de proceso dentro de una red Ethernet/ IP y / o Modbus TCP / IP, utilizando inalámbrica 802.11 (WIFI) y / o conexiones de red celular. La aplicación es ideal para el iPhone, iPod Touch y la versión IPAD fue lanzado en septiembre de 2010. Al igual que el de otras aplicaciones SCADA se proporciona un panel de operador para el acceso y el seguimiento de las variables y la memoria de los PLCs. (ProSoft Technology, 2017)

En las soluciones nacionales aparecen algunos sistemas en este sentido, las cuales son:

- SCADA SAINUX (Antunez Ojeda & Cedeño Pozo, 2015). Desarrollado en la UCI el cual tiene vinculación con los dispositivos móviles a través del aviso mediante mensajes de texto de los problemas detectados. Vincula una serie de tecnologías para poder enviar los avisos a prácticamente cualquier dispositivo móvil independientemente de su tipo o sistema operativo.
- SCADA Guardián del ALBA (Díaz Ramos & Hernández Díaz, 2015), presentando características similares al SAINUX.
- SCADA Aguas Varadero (Verdecia Lorente, Machado Bulgueras, & Gustabello Cogle, 2016), se desarrolla a través de la vía de comunicación GPRS. No tiene implementada una salida para dispositivos móviles.
- SCADA Aguas de Santa Clara, cuenta con un sistema SCADA pero sin la vinculación con los dispositivos móviles (Brito Barroso & Ballesteros, 2016). Se prevé la posibilidad de la conexión por GPRS y el uso de móviles, aunque no son aplicadas.

De forma resumida se pueden observar las principales diferencias y/o características de los sistemas estudiados. Ver Tabla1.1

Tabla 1. 1 Características de los sistemas estudiados. Fuente: Elaboración Propia

Sistemas	G P R S	Lect. / Esc.	Multi Usua- rios	Cambios afectan al SCADA	Visualización ordenada por jerarquía	Salida a móviles (APK)	Interfaz Minima -lista y sencilla	Gráficas diná- micas
TeslaScada	Si	No	Si	-	No	Si	No	No
ScadaMobile	Si	Si	Si	Si	No	Si	No	No
ProSoft i-View	Si	Si	Si	Si	No	Si	No	No
SAINUX	No	No	Si	No	No	Si	Si	No
Guardián ALBA	No	No	Si	No	No	Si	Si	No
AguasStaClara	Si	No	No	No	No	No	No	No
AguasVaradero	Si	No	No	No	No	No	No	No

Al hacer un análisis sobre la utilización o no de estos sistemas, y teniendo como principal desventaja que hay que dedicarle tiempo al análisis y desarrollo, además de que se van a desarrollar determinadas herramientas que ya existen en parte, se decide continuar el desarrollo de uno propio ya que se necesita un sistema de gestión sobre dispositivos móviles que no interfiera al SCADA del puesto de mando y que permita cierto nivel de gestión para alarmas y alertas, al mismo tiempo de recibir las notificaciones en función de los datos introducidos en la gestión de las mismas. Además, se necesita que los datos aparezcan ordenados según su jerarquía para que sea más fácil para los directivos y decisores acceder a la información. Las razones que deciden realizar un nuevo sistema son las siguientes:

- **Sistema heredado:** El SCADA de la empresa Aguas de La Habana es un sistema heredado, por contrato, entre las partes mexicana y cubana, el cual no puede ser sustituido por otro, ni montado sobre el mismo software alguno que no haya sido desarrollado por la empresa mexicana o el equipo de desarrollo de la empresa en Cuba. Con cualquier software que se desee vincular al mismo se tiene que contar con su código fuente para realizarle pruebas de seguridad o del tipo que se estime conveniente.
- **Independencia tecnológica:** Al desarrollar el sistema por parte del equipo de desarrollo de la empresa se logra una mayor autonomía, necesaria en las condiciones actuales en que se encuentra Cuba y particularmente la empresa. Además, se vincula perfectamente con los lineamientos del país en cuanto al esfuerzo encaminado al desarrollo de iniciativas propias que

no dependan de terceros (Marrón González, 2017) (además de propiciar el incremento de la eficiencia y la eficacia empresarial tratando de lograr la autodeterminación económica (Blanco Encinosa, 2017).

- **Mayor adaptabilidad:** El software se realiza adaptado a las necesidades de la empresa.
- **Capacitación de los usuarios a través de la empresa:** Al desarrollarlo la empresa, el personal preparado para capacitar los usuarios está en la misma. Por otro lado, el software se diseña pensando en tener una máxima sencillez en su uso, siguiendo los consejos de los propios especialistas, directivos y decisores, que, a la larga, son los que tienen experiencia y trabajarán con el sistema, sin invertir monetariamente para este fin.
- **Más económico:** No habría que hacer futuros pagos a empresas extranjeras por concepto de mantenimiento o nuevos desarrollos. El costo del nuevo sistema se obtendrá por la fórmula que aplica el departamento de desarrollo en base al salario de las personas involucradas en su desarrollo y el tiempo de duración del mismo. Siempre este resultado será menor que lo que cobran otras empresas por desarrollos similares.
- **Conocimiento generado queda en la empresa para otros desarrollos:** Se prevé existan otros desarrollos sobre estas tecnologías y ya el equipo de desarrollo tiene los conocimientos necesarios para llevarlos a cabo.
- **Agrupamiento dinámico de estaciones, con sus datos y gráficas:** La información referente a las estaciones y sub estaciones se mostrará ordenada según su nivel de jerarquía, partiendo de los elementos generales a los particulares. El sistema detecta los sensores disponibles en cada estación, hace las gráficas y muestra los datos en función de los mismos. Esto es una gran ventaja en comparación con otros sistemas ya que éstos hacen una réplica de la interfaz de salida del SCADA de la PC al móvil. Con esta forma de mostrar la información los directores y decisores pueden ver de un vistazo, en forma de listado, las principales estaciones o cuencas y su estado, así como los valores de todos los sensores contenidos en las mismas.
- **Sistema de gestión:** Necesidad de tener un sistema de gestión de los principales indicadores del SCADA desde el móvil, permitiendo modificar (configurar), adicionar y eliminar valores para las alertas y alarmas, así como para los usuarios, la gestión de los equipos móviles que se conectarán y la posibilidad de ver todas las variables controladas por el SCADA desde el móvil de una forma intuitiva, según están organizadas físicamente. Esto se logra con altos estándares de seguridad que serán analizados a continuación.
- **Necesidad de no afectar al SCADA:** Se hace necesario que el sistema de gestión sea solo para los dispositivos móviles, cualquier cambio que se desarrolle en el mismo no debe interferir sobre la versión del sistema SCADA que está en el telecontrol. Será un sistema de apoyo para

directivos, decisores y especialistas con una configuración que partirá con las mismas alarmas y alertas que el presente en el SCADA, pero que permitirá modificaciones según las necesidades particulares de este grupo de personas, independientemente de las presentes en el SCADA del telecontrol. Aunque en un inicio tendrá las mismas alertas y alarmas que el SCADA del telecontrol se regirá por la configuración que los directivos, decisores y especialistas decidan para el mismo.

- **Necesidad de que sea interoperable:** El sistema desarrollado debe ser interoperable ya que relacionará elementos diversos que constituyen sistemas por sí mismos. Se intercambiará y utilizará información entre ellos sin afectar el correcto desenvolvimiento de cada uno. Se necesita tener la habilidad de que sistemas dispares y diversos interaccionen para lograr objetivos consensuados y comunes con el objetivo de tener beneficios mutuos. Los directivos, decisores y especialistas necesitan tener una herramienta, donde quiera que se encuentren, fácil e intuitiva, que se comunique con el SCADA, intercambie información con el mismo, sin interferir en sus procesos, para lograr el objetivo de compartir información, ya sea a través de la visualización de todas sus variables, como de la gestión y visualización de alertas para, a la larga, tener beneficios tanto para la empresa como para la población.

Después del análisis de las herramientas y características antes citadas, se llega a la conclusión de que no se ajustan a las necesidades por lo que se hace necesario desarrollar un sistema de gestión sobre dispositivos móviles para SCADA adaptado a las necesidades y particularidades de la empresa. Estas particularidades van desde la lejanía de los pozos y estaciones de bombeo hasta la configuración de la red por GPRS.

1.4 Movilidad

La movilidad es la parte primordial de un sistema desarrollado sobre estos dispositivos y nos permite tener acceso a nuestra información en cualquier momento y en cualquier lugar. Esta es la principal característica que diferencia un sistema móvil de un sistema de cómputo estacionario típico. (Girón Camacho, Mendoza Chapa, & Torres Huitzil, 2012).

Existen cuatro componentes fundamentales en el problema de referencia:

- **El usuario:** El usuario móvil se caracteriza por:
 - Estar en movimiento, entre ubicaciones conocidas desconocidas.
 - No se focaliza en la tarea de cómputo.
 - Requerir alto grado de interactividad y tiempo de respuesta corto de un sistema.
 - Cambiar de tareas frecuente o abruptamente.
 - Requerir de acceso a la información en cualquier momento y lugar.

- **El dispositivo:** Los dispositivos inteligentes se caracterizan por la habilidad de ejecutar múltiples aplicaciones, en algunos casos de manera concurrente, soportar diferentes grados de movilidad y de configuración, ejecutar servicios de acceso remoto a datos de manera intermitente y operar de acuerdo con sus limitados recursos locales. Estos dispositivos se encuentran bajo el control de usuarios individuales, propiedad, operación, configuración y control son exclusivos del usuario.

El diseño de servicios de movilidad se basa en el desarrollo de dispositivos inteligentes y servicios, pero con una variante más especializada con el fin de simplificar el acceso de las aplicaciones y usuarios y la movilidad, particularmente, permite servicios tales como: localización (GPS), enrutamiento de datos para receptores móviles, asignación de dirección IP, los cuales deben estar diseñados para ser más transparentes para las aplicaciones y los usuarios.

- **La aplicación:** Consiste en el software mediante el cual el usuario interactúa con el dispositivo móvil para llevar a cabo una tarea específica. Existen dos tipos de aplicaciones: verticales, orientadas a un dominio de aplicación específico y horizontales las cuales se caracterizan por ser amplias e independientes del dominio.
- **La red móvil:** Los dispositivos móviles pueden utilizar una amplia gama de protocolos de comunicaciones inalámbricas heterogéneas, i.e., celular (GSM, TDMA y CDMA), satelital, bluetooth, WIFI, GPRS, etc.

1.5 Red de comunicación de la Empresa Aguas de La Habana

En un proyecto conjunto con ETECSA, CUBACEL y Aguas de La Habana se está cambiando la estructura actual de la red hacia una diseñada sobre la red de datos móviles 3G, mediante GPRS. Con esto se espera mejorar la comunicación entre las estaciones de trabajo que se encuentran distribuidas por toda la provincia en zonas aisladas y el nivel central eliminando los “huecos” de información presentes en la actualidad, donde hay estaciones que no están conectadas al SCADA por no contar con una vía de comunicación en las mismas.

Según el sitio oficial de ETECSA (ETECSA, 2016) este servicio permite establecer una conexión con la red corporativa de la empresa que solicite el servicio, disponible sólo para clientes pos pagos de la tecnología GSM. Para utilizar el servicio se requiere de la creación de un Punto de Acceso (APN), lo cual es libre de costo. Se conoce además que usa GPRS mejorado, el cual es una tecnología de telefonía móvil celular, que actúa como puente entre las redes 2G y 3G el cual ofrece mayores velocidades de comunicación, el protocolo WAP y 3G en el ancho de banda.

ETECSA promueve un conjunto de facilidades las cuales son:

- **Movilidad:** Permite realizar gestiones en el lugar que se desee, accediendo a las aplicaciones corporativas desde cualquier sitio donde exista cobertura GPRS, EDGE o 3G. Sólo se necesita el teléfono móvil que soporte al menos una de las tecnologías antes mencionadas, puede dar acceso a una PC (portátil o de sobremesa) o a cualquier otro dispositivo con capacidad GPRS, funcionando como módem.
- **Velocidad de Conexión:** Se incrementa la velocidad de transmisión en relación con la ofrecida por GSM, depende de disponibilidad en la red.
- **Ahorro:** Posibilita nuevos modelos de tarificación basados en la cantidad de datos intercambiada y no en la duración de la llamada, con la posibilidad de elección de distintos planes de precios adecuados a los distintos perfiles de consumo.
- **Seguridad:** Acceso con buenos estándares de seguridad a la red corporativa de su empresa.

Este servicio está disponible a través de tarifas que varían en función del volumen de datos que puedes intercambiar y la principal ventaja que aporta es que disminuye los costos de transmisión de datos permitiendo que cualquier desarrollo que use esta vía de comunicación se ajuste al plan requerido minimizando los costos a pagar mensualmente.

En la Figura 1.2 se detalla la interconexión de las estaciones de trabajo en las cuencas, pozos, estaciones de bombeo etc., ubicadas por toda la geografía de La Habana con la sede central.

En esta nueva red, las estaciones de trabajo, dígame cuencas, torres, pozos y estaciones de bombeo cuentan con sensores que miden las variaciones en la presión, caudal, nivel de tanque, nivel de los canales, concentración de cloro y estado de los motores. Estos sensores están conectados a los PLC y estos a un módem que soporta conexiones 3G/GPRS. El protocolo de comunicación es ModBus/TCP.

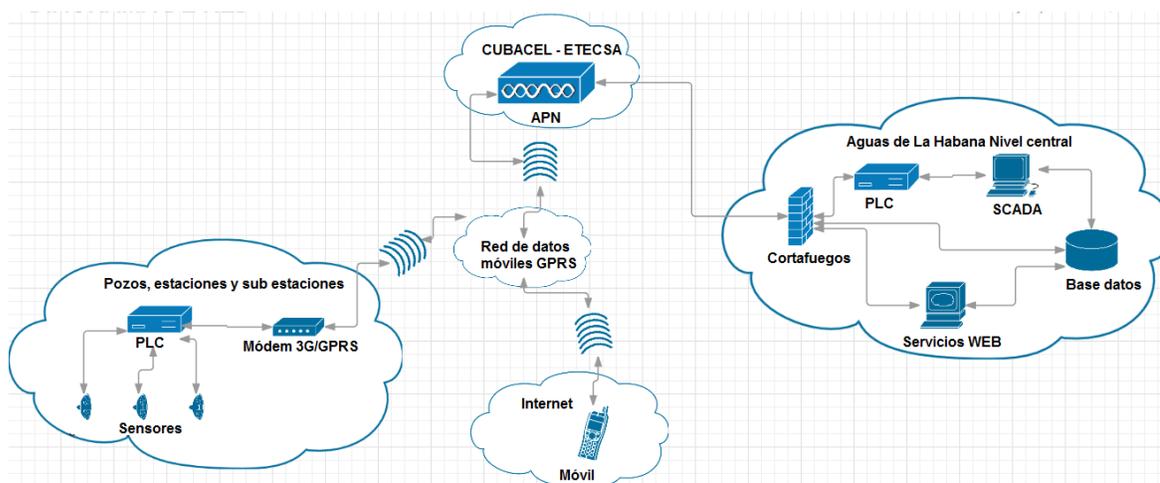


Figura 1. 2 Gráfico general de la nueva red. Fuente: Elaboración propia

1.6 Seguridad

La seguridad informática define tres tipos de riesgos (*Infante Gonzalez , 2017*). Estos son:

- Alto. Se considera un riesgo alto cuando la amenaza representa gran impacto dentro de la institución u organización.
- Medio. Se establece cuando la amenaza impacta de forma parcial a las actividades de la organización o institución.
- Bajo. Cuando una amenaza no representa un ataque importante en los procesos de una organización o institución.

Se valoran los riesgos en la introducción de una solución desarrollada sobre los dispositivos móviles para su vinculación con el SCADA de la empresa, en función de las posibles causas:

- Pérdida del móvil.
- Uso con fines destructivos de la conexión por GPRS ya sea desde un móvil con acceso o por otra vía.
- Visualización por personas no autorizadas de la información contenida.

Se llega a la conclusión de que cada una de las posibles causas tiene muy poca probabilidad de ocurrir, además de que, si llegara a suceder cualquiera de las anteriores, los daños serían mínimos, ya que nunca se podrían modificar los datos del control primario del SCADA en el puesto de mando o telecontrol. El proceso de alertas y alarmas primaria no se detendría y para los avisos se podría mantener la vía antigua de llamadas telefónicas.

Según (LOPD, 2007) los niveles de seguridad se definen de la siguiente manera:

- Básico: Se aplica a todos los ficheros que contienen datos de carácter personal.
- Medio: Información sobre cuestiones administrativas, penales, hacienda pública, servicios financieros o cuando varios datos en su conjunto permitan obtener el perfil de un individuo.
- Alto: Contiene datos (al menos uno) relacionados con la ideología, religión, orientación sexual o política, salud, datos policiales obtenidos sin consentimiento o cualquier otro que, si fuera conocido, dañaría principios fundamentales.

Luego de un análisis sobre el nivel de seguridad necesario en el desarrollo de la aplicación se llega a la conclusión de que solo es necesario un nivel Básico y para este nivel hay un grupo de medidas definidas que son: (LOPD, 2007)

- Elaboración del Documento de Seguridad.
- Plan de incidencias y registro de las mismas.
- Identificación y autenticación de los usuarios.
- Control de accesos.
- Gestión de soportes.

- Protocolos de copias de seguridad.

Además, las medidas de seguridad están en conformidad con lo planteado en la Resolución 127/2007 (El Ministerio, Cuba, 2007) donde se establecen las medidas de seguridad en las organizaciones cubanas.

Se necesita un nivel de seguridad bajo para la gestión desde los móviles del SCADA de la empresa. La misma cuenta con un responsable de seguridad informática encargado de elaborar los documentos correspondientes en este sentido. Se cuenta, además, con un sistema para el control de las incidencias denominado GESINF. Por otra parte, los administradores de los servidores realizan Backus periódicos de las bases de datos y aplicaciones que están en explotación. La seguridad a nivel de software, se logra a través de tres elementos fundamentales, el primero de los cuales aparece a nivel de la aplicación, el segundo a nivel de la forma en que viajan los datos y el tercero es el ofrecido por el proveedor del servicio, ETECSA. A continuación, se abordará sobre los mismos. Ver Figura 1.3

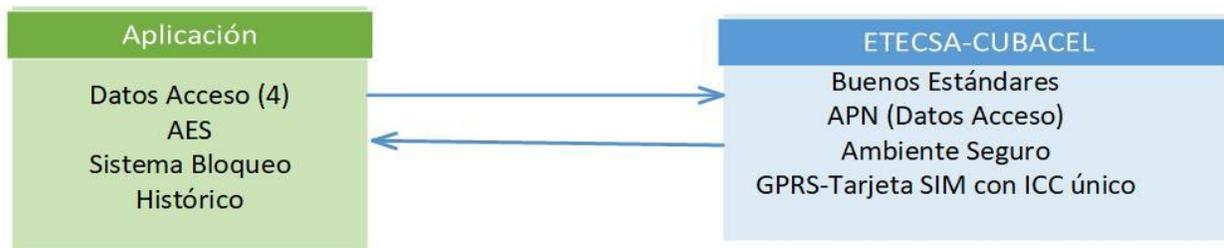


Figura 1. 3 Elementos de seguridad. Fuente: Elaboración propia

En los módems se insertan tarjetas SIM las cuales están registradas en la empresa, en CUBACEL y en ETECSA a través de un código de identificación (ICC) único, que es el código de identificación de esa tarjeta en la red de ETECSA.

Desde estos teléfonos móviles que tienen estas tarjetas SIM, pre configuradas, se le permite conectarse a esta red y enviar y recibir información desde cualquier lugar de Cuba con cobertura GPRS. Desde estos móviles es que se visualizan las variables del SCADA, se hacen los análisis y canalizan las decisiones a tomar, conjuntamente con el despacho en el puesto de mando.

Tanto los dispositivos móviles como los módems se conectan a través de la red de datos móviles (GPRS) hacia un APN existente en “la nube” creada por ETECSA y CUBACEL, en un ambiente seguro. (ETECSA, 2016). Desde allí son re direccionados hacia la empresa, y desde esta se podrá acceder al PLC central (que gestiona los demás PLC de las estaciones de trabajo), y a la base de datos, (donde está almacenado el histórico de las variables y las variables en tiempo real).

Desde una tarjeta SIM externa a las registradas en ETECSA, CUBACEL y Aguas de La Habana no se puede acceder a la red de la empresa. Aún en caso de pérdidas de las tarjetas la aplicación cuenta con

una interfaz de autenticación con usuario y contraseña que impedirá el acceso de personas no autorizadas a los datos.

Se guarda además una serie de datos para cada conexión y desconexión que se haga desde estas tarjetas, que permitirán hacer una traza para análisis posteriores. ETECSA en su oferta garantiza buenos estándares de seguridad al acceso de la red corporativa de la empresa por esta vía (ETECSA, 2016).

Se implementa también un sistema de bloqueo del celular que esté declarado como perdido. Se ponen sus datos identificativos en una lista negra que impedirá su conexión a la empresa hasta que se tomen las medidas correspondientes quitando su registro de ETECSA y CUBACEL.

Se hizo un análisis, para desde el nivel de la aplicación, tener un nivel de cifrado en el envío de los datos llegando a analizar diversos algoritmos. Dentro de los más usados se tiene el DES, Triple DES, AES, RC2, RC4, y RC5, Blowfish, RSA, IDEA y PBE entre otros (Rodríguez Escobar, González R., & García R., 2015) y (Mouse, 2014). Se decide la utilización del AES ya que es una evolución del algoritmo DES muy usado en la actualidad (Mason, 2016), (Dunning, 2016) y (ETSI Informática, 2008). Los algoritmos analizados tienen ventajas y desventajas cuando se comparan entre sí, pero el AES tiene multitud de ejemplos prácticos desarrollados en JAVA y buena documentación lo que facilita su utilización. Además, es el usado por el equipo de desarrollo de la empresa en aplicaciones que cifran datos valiosos para aumentar los niveles de seguridad. Los datos identificativos de usuario y contraseña viajan cifrados, a través del algoritmo AES de clave simétrica de 128 bits a través de clases disponibles en JAVA.

El sistema verifica además de los datos de acceso (usuario y contraseña) la dirección Mac del dispositivo desde el cual se está accediendo al SCADA y la dirección IP. Todo en su conjunto tributa a un acceso con los niveles de seguridad requeridos en función del tipo de información a mostrar.

1.7 Android. Surgimiento

Escrito de manera sencilla, Android es un sistema operativo orientado a hardware móvil, como teléfonos y otros dispositivos informáticos limitados, tales como notebooks, celulares y tabletas. (López Michelone, 2013). Ha tenido un vertiginoso auge en los últimos años siendo el más utilizado por los fabricantes de dispositivos móviles en la actualidad. Ver Figura 1.4

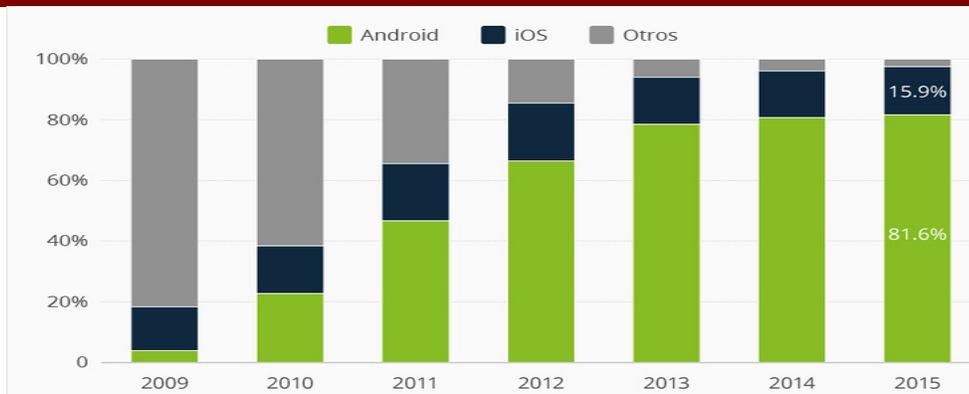


Figura 1. 4 Evolución de Android. Fuente (Jenik, 2016)

Fue una idea original de Android Inc., una pequeña empresa de Palo Alto, California, que fue adquirida por Google en 2005. La plataforma Android fue presentada en noviembre de 2007. En octubre de 2008, Android fue lanzado bajo la licencia de código abierto Apache 2.0. Esto y su diseño flexible de los componentes en que está basado ofrecen oportunidades innovadoras y rentables para los fabricantes y desarrolladores de software por igual. Por ser libre y la más utilizada es que se decide su utilización para la investigación. A evolucionado desde sus primeras versiones la 1.0 hasta la 7.0 (Supriya, 2017). Ya en 2017 surge la 8.0 (Garzón, 2017) y se espera que este año de la luz la versión 9.0 (Rogerson, 2018) bajo el nombre de Android P.

1.7.1 Plataforma Android

Android es un entorno de software creado para dispositivos móviles. Incluye un núcleo basado en el sistema operativo Linux, una completa interfaz de usuario, aplicaciones finales de usuario, bibliotecas de código, aplicaciones, marcos de trabajo, soporte multimedia, y mucho más. Mientras que los componentes del sistema operativo están escritos en C o C++, las aplicaciones de usuario para Android se escriben en Java. Incluso las aplicaciones propias incorporadas están desarrolladas en Java.

Una de las características de la plataforma Android es que no hay diferencia entre las aplicaciones que incorpora y las aplicaciones que se pueden desarrollar con los Kit de Desarrollo de Software (SDK). Esto significa que es posible crear aplicaciones que aprovechan todo el potencial de los recursos disponibles en el dispositivo. La característica más notable de Android podría ser que es de código abierto, y los elementos que le falten pueden o serán desarrollados por la comunidad global de programadores. El núcleo del sistema operativo basado en Linux no incluye un sofisticado intérprete de comandos o Shell, pero, en parte, porque la plataforma es de código abierto y se puede desarrollar o instalar un Shell en el dispositivo. Del mismo modo, los códec multimedia, por ejemplo, pueden ser suministrados por desarrolladores de terceras partes y no depender de Google para proporcionar una

nueva funcionalidad. Esto es el poder de la introducción de una plataforma de código abierto en el mercado móvil.

1.7.2 Android. Su Arquitectura

En la Figura1.5 se observa la arquitectura en capas del software para Android.

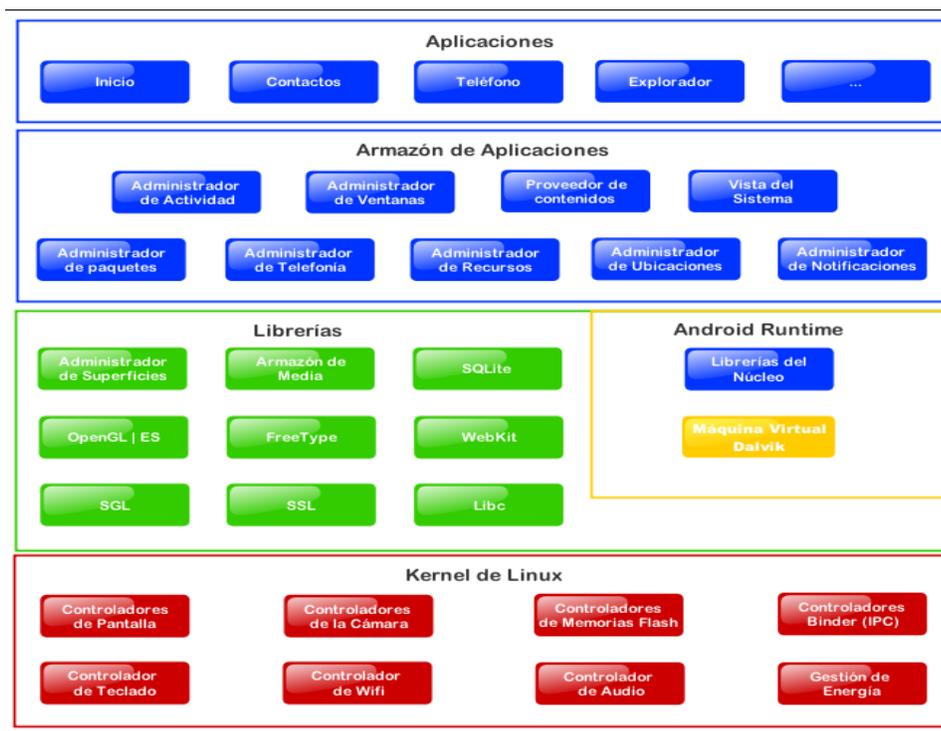


Figura1. 5 Arquitectura de Android. Fuente: (Univ. Carlos III Madrid, 2017) (Bellosa & StoB, 2010)

Es un entorno operativo completo basado en el Kernel Linux. Inicialmente, el objetivo de implementación para Android fue el área de teléfonos móviles. Sin embargo, el rango completo de servicio de computación de Android y el vasto soporte funcional tienen el potencial para extenderse más allá del mercado de teléfonos móviles, logrando ser útil para otras plataformas y aplicaciones. Con la amplitud de sus capacidades, sería fácil confundirlo con un sistema operativo de computadora de escritorio. Es un entorno en capas e incluye vastas funciones. (Univ. Carlos III Madrid, 2017) (Bellosa & StoB, 2010)

Cada una de las capas tiene las siguientes características:

- **El Kernel o Núcleo de Linux:** El núcleo de Android está formado por el sistema operativo Linux. Esta capa proporciona servicios como la seguridad, el manejo de la memoria, el multiproceso, la pila de protocolos y el soporte de drivers para dispositivos. Esta capa del modelo actúa como capa de abstracción entre el hardware y el resto de la pila. Por lo tanto, es la única que es dependiente del hardware.

- **Runtime de Android:** Está basado en el concepto de máquina virtual utilizado en Java. Dadas las limitaciones de los dispositivos donde ha de correr Android (poca memoria y procesador limitado), no fue posible utilizar una máquina virtual Java estándar. Google tomó la decisión de crear una nueva, la máquina virtual Dalvik, que respondiera mejor a estas limitaciones. Entre las características de la máquina virtual Dalvik que facilitan esta optimización de recursos se encuentra la ejecución de ficheros Dalvik ejecutables (. *dex*) –formato optimizado para ahorrar memoria–. Además, está basada en registros. Cada aplicación corre en su propio proceso Linux con su propia instancia de la máquina virtual Dalvik. Delega al Kernel de Linux algunas funciones como hilos y el manejo de la memoria a bajo nivel. A partir de Android 5.0 se reemplaza Dalvik por ART. Esta nueva máquina virtual consigue reducir el tiempo de ejecución del código Java hasta en un 33%. También se incluye en el *Runtime* de Android el módulo para las bibliotecas del núcleo, con la mayoría de las bibliotecas disponibles en el lenguaje Java.
- **Librerías nativas:** Incluye un conjunto de librerías en C/C++ usadas en varios componentes de Android. Están compiladas en código nativo del procesador. Muchas de las bibliotecas utilizan proyectos de código abierto.
- **Framework de Aplicaciones:** Proporciona una plataforma de desarrollo libre para aplicaciones con gran riqueza e innovaciones (sensores, localización, servicios, barra de notificaciones, etc.). Esta capa ha sido diseñada para simplificar la reutilización de componentes. Las aplicaciones pueden publicar sus capacidades y otras pueden hacer uso de ellas (sujetas a las restricciones de seguridad). Este mismo mecanismo permite a los usuarios reemplazar componentes. Los servicios más importantes que incluye son los Views, Resource Manager, Activity Manager, Notification Manager y Content Providers.
- **Aplicaciones:** Este nivel está formado por el conjunto de aplicaciones instaladas en una máquina Android. Todas las aplicaciones han de correr en la máquina virtual Dalvik para garantizar la seguridad del sistema. Este nivel incluye todas las aplicaciones desarrolladas por terceros, incluida la que se desarrollará en Aguas de La Habana. Las aplicaciones Android se encuentran escritas en el lenguaje de programación Java. Cada aplicación Android se ejecuta dentro de una instancia de la Dalvik VM, que a su vez permanece dentro de un proceso gestionado por el Kernel Linux, como se muestra en la Figura 1.6. (González Medina, 2012)

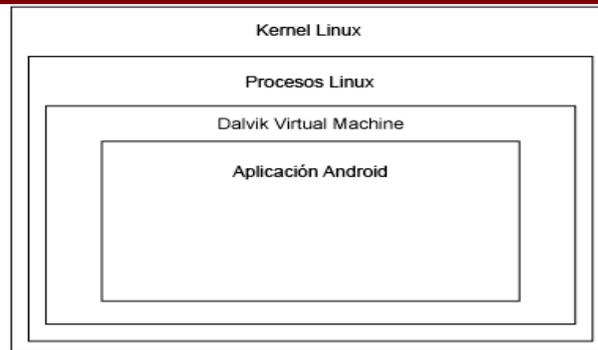


Figura1. 6 Entorno de ejecución de una APK en Android. Fuente: (González Medina, 2012)

1.8 La vista.

La vista tiene su representación en las Activity, que son las ventanas con las que interactúa el usuario, ellas establecen el contenido visual a través del método `setContentView ()`. Las Activity son el corazón de las pantallas en Android y sobre ellas se implementa el desarrollo de un software. En la Figura 1.7 se puede observar el ciclo de vida de una actividad, la cual tendrá su aplicación en las pantallas del sistema desarrollado al navegar entre pantallas dando pausas a unas y continuidad a otras según se necesite.

Para enviar información de una Activity a otra se utiliza el Intent, el cual es el mecanismo para el paso de mensajes entre Activities, declara la intención de realizar una acción. Utilizado para iniciar Activities o comunicarlas entre ellas.

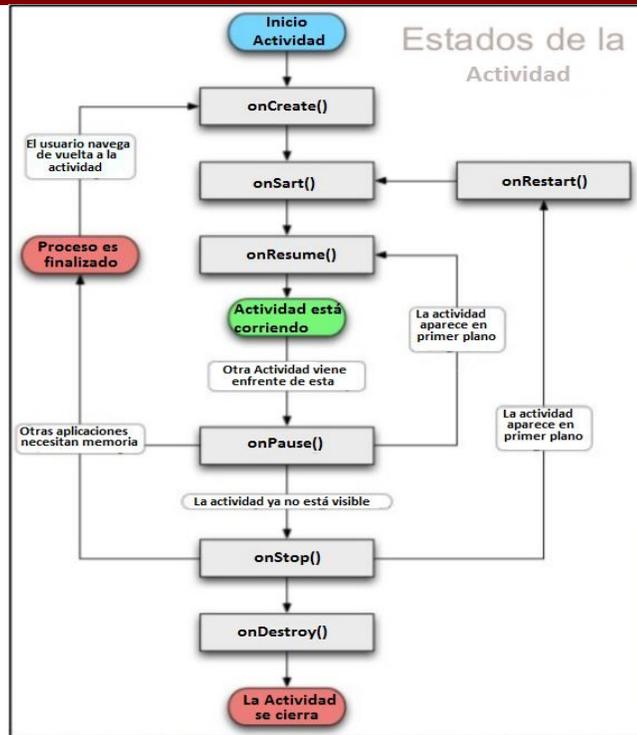


Figura 1. 7 Estados de una Actividad (Univ. Carlos III Madrid, 2017) (Bellosa & StoB, 2010)

1.9 El modelo.

El modelo no es más que la puerta de enlace a la capa de dominio o de lógica de negocio. Es el proveedor de los datos que se quiere mostrar en la vista. (Cervone, 2017)

Para que una aplicación sea extensible, se pueda mantener en el tiempo y probada con facilidad requiere que mantener sus capas separadas, ya que en Android existen clases muy acopladas como es el caso de los Cursores y Adaptadores. Las actividades suelen estar muy acopladas a la interfaz y a la lógica de negocio en un MVC clásico, el común ejemplo está cuando se decidió traer información local de algún lugar dentro del dispositivo para pintarla en una simple lista hasta ahí vamos bien ;pero qué tal si en unas semanas se decide traer los datos de la red y olvidar esos datos locales ¿Se necesitará reescribir esa clase? pues la respuesta es que sí porque la Activity o Fragment estará acoplada a esas vistas y a la forma en que se obtienen los datos para pintarlos. Si se aplica el MVP de una forma limpia la vista jamás sabrá de donde se obtienen los datos y solo se enfocará en renderizarlos independizando la vista de la forma de conseguir esos datos. (Jhordan Rey, 2015)

Lo que se pretende es separar la vista del modelo, independizándolas para que cambios en el origen de datos no afecten la vista. Ver Figura 1.8

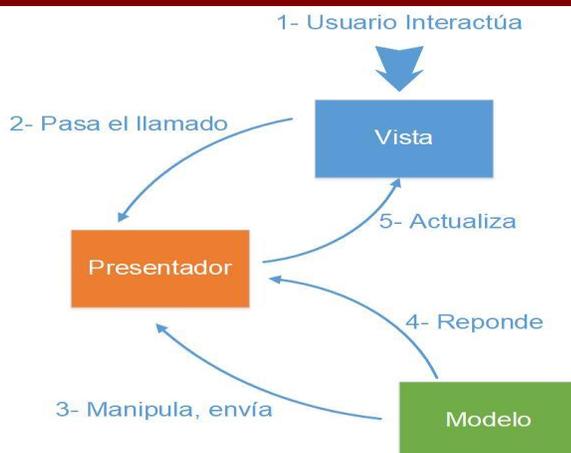


Figura 1. 8 Relación entre capas en Android. Fuente: Elaboración propia

1.10 El presentador.

Es el encargado de coordinar la implementación de la vista y el modelo, actualiza la vista y actúa sobre los eventos de usuario que se envían por la vista. El presentador también recupera los datos del modelo y los prepara para su visualización. (Jhordan Rey, 2015).

En la solución desarrollada se utilizan varias clases para representar al presentador y son las encargadas de gestionar los datos entre la vista y el modelo.

Ante cambios en el origen de datos estas clases debería tener muy pocas o ningunas afectaciones y lo mismo sucede si hubiera algún cambio en la vista, ya que ella solo es el mecanismo de comunicación entre unas y otras.

1.11 Medios, herramientas y bibliotecas utilizadas

La empresa Aguas de La Habana cuenta con un equipo de desarrollo de software encargado de realizar los nuevos desarrollos que surjan. El equipo cuenta con una serie de herramientas y metodologías definidas que se aplican a todos los proyectos que se realizan. Estas herramientas y metodologías ya fueron analizadas con anterioridad y se adoptaron las que más se les adecuaban en función de las características de la empresa. Persiguen, además, lograr una uniformidad en el desarrollo que de las aplicaciones que facilite su posterior mantenimiento y soporte. No es lo mismo para un grupo pequeño de programadores preparar a sus integrantes en diversos lenguajes (JAVA, PHP, Python, SQL, etc.) que tener una uniformidad en sus desarrollos, siempre siguiendo buenos estándares internacionales y adaptando las mejores metodologías y herramientas que surjan, pero siempre adaptadas a las particularidades de Cuba y de la empresa. Se utilizan:

- **Android Studio:** Es el entorno de desarrollo integrado oficial (IDE) para la plataforma Android. Está basado en el software IntelliJ IDEA de JetBrains, y es publicado de forma gratuita a través

de la Licencia Apache 2.0. Es el más utilizado para el desarrollo de aplicaciones móviles. (Rosso, 2016). La empresa decidió su utilización hace ya algún tiempo para todo el entorno de aplicaciones móviles. Es de los entornos de desarrollo más utilizados para estos fines.

- **Java:** Java es el lenguaje de programación. Se creó con cinco objetivos principales:
 - Usar el paradigma de programación orientada a objetos.
 - Permitir la ejecución de un mismo programa en múltiples sistemas operativos.
 - Incluir por defecto soporte para trabajo en red.
 - Diseñarse para ejecutar código en sistemas remotos de forma segura.
 - Ser fácil de usar y tomar lo mejor de otros lenguajes orientados a objetos.

El entorno de ejecución Java se ha convertido en un componente habitual en los computadores de usuario de los sistemas operativos más usados en el mundo. Muchas aplicaciones Java lo incluyen dentro del propio paquete de la aplicación de modo que se pueda ejecutar en cualquier ordenador. Como todo lenguaje de programación, Java se utiliza para crear aplicaciones y procesos que funcionen en multitud de dispositivos. Las aplicaciones Java se comunican con la máquina virtual Java, y no con el sistema operativo, lo cual permite a los programadores desentenderse de la compatibilidad con el hardware: esta es tarea para la máquina virtual de Java. Es el lenguaje más utilizado de los existentes para el desarrollo sobre móviles. (Rodríguez T., 2015) . Es el lenguaje que utiliza el Android Studio, si se utiliza uno, se debe utilizar el otro.

- **XML:** (Lenguaje extensible de etiquetas) Es un metalenguaje estándar y extensible de etiquetas que permite definir la gramática de lenguajes específicos. Permite al programador dedicar sus esfuerzos a las tareas importantes cuando trabaja con los datos, ya que algunas tareas tediosas como la validación de éstos o el recorrido de las estructuras corre a cargo del lenguaje y está especificado por el estándar, de modo que el programador no tiene que preocuparse por ello. Por la facilidad en su uso, si se quisieran cambiar aspectos del diseño de la aplicación, sería una tarea relativamente sencilla ya que al tener separados los elementos de la interfaz de usuario de los elementos de la lógica de negocios, el programador iría directamente al archivo necesario sin desgastarse en otros aspectos.

En *Android* se utiliza XML para la declaración de layouts y otros elementos de los que hará uso la aplicación para su correcto funcionamiento. De esta forma, características como la instanciación dinámica se reserva para escenarios más complejos en dónde los elementos de las interfaces de usuarios no se conocen en tiempo de compilación. En el desarrollo del sistema para cumplir con los objetivos trazados se utilizó la versión 1.0 de este metalenguaje. Es la forma que trae por defecto el Android Studio para su desarrollo. (Rosso, 2016)

- **Celular Samsung Galaxy Grand Prime:** Celular con Sistema operativo Android 5.1.1 y soporte para conexiones GPRS. Es válido aclarar que el único proveedor legal en Cuba para la venta

de celulares a las empresas es ETECSA a través de sus oficinas de venta en los territorios. Dentro de la gama de celulares que tenía a la venta en los inicios del proyecto, se consideró el mejor de los que se ofertaba y, que, al mismo tiempo, más se adaptara a las necesidades de la empresa Aguas de La Habana. (ETECSA, 2015). Aunque la versión de Android no es de las últimas que han surgido, en la programación, por parte del equipo de desarrollo de la empresa, si se realizan aplicaciones (APK) que estén soportadas hasta las últimas versiones de Android, aunque el celular con el que trabaje en estos momentos, no lo tengan. En un futuro, cuando se compren nuevos celulares, con versiones más modernas de Android, ya no se tendrían que realizar cambios en las aplicaciones porque estarían soportadas.

- **Mike Phil:** Biblioteca para hacer gráficas en Android. Es una biblioteca gratuita, elegida por su sencillez en el uso, además de la amplia bibliografía que posee y que existen muchos ejemplos desarrollados sobre la misma. (Anand, 2016). Este tipo de recursos no abunda, la mayoría de las alternativas son de pago o bien son muy limitadas en lo que respecta a sus funcionalidades. (Suárez, 2014) (Benitez, 2016). El equipo de desarrollo ya tenía esta biblioteca definida con anterioridad y sobre la misma ya se tiene un conocimiento por su uso en otros proyectos, que se traduce en menor tiempo de desarrollo a la hora de realizar gráficos.
- **SQL SERVER:** Base de datos del SCADA presente en la empresa. SQL Server es un sistema de gestión de bases de datos relacionales (RDBMS) de Microsoft que está diseñado para el entorno empresarial. Se decidió su utilización ya que el SCADA de la empresa cuenta con una base de datos en este servidor. Como está presente por contrato entre las partes, no se puede cambiar por otro por lo que se decide desarrollar la solución en el mismo. Todas las aplicaciones de la empresa que utilizan bases de datos están desarrolladas sobre este servidor. Ya está definido su uso por parte del equipo de desarrollo y se tiene un conocimiento sobre el mismo que aporta rapidez en el desarrollo, soporte y mantenimiento de las aplicaciones. (Rouse, 2017)
- **Tarjeta SIM** Tarjeta de conexión de datos GPRS suministrada por ETECSA y CUBACEL.
- **Lenguaje Unificado de Modelado:** El Lenguaje de Modelado Unificado (UML) es aplicable en el proceso de construcción de un software para dar soporte a una metodología de desarrollo de software, ayudando a especificar, visualizar y documentar esquemas de sistemas de software, incluyendo su estructura y diseño, de una manera que cumpla con todos los requisitos del mismo. Se utiliza además para la correcta comunicación entre los integrantes del proyecto y con los usuarios. El uso de herramientas basadas en UML permite analizar los requisitos y diseñar una solución que sea satisfactoria (Garzás, 2013). Es el utilizado en la empresa por parte del equipo de desarrollo. Ya está definido desde hace algún tiempo y el equipo conoce su uso lo que ahorra tiempo en el proceso de desarrollo.

- **Lucid Chart:** Como herramienta CASE. (Ingeniería de Software Asistida por Computadora) son diversas aplicaciones informáticas o programas informáticos destinadas a aumentar la productividad en el desarrollo de software reduciendo el costo de las mismas en términos de tiempo y de dinero. Herramienta online que cuenta con un período de prueba, gratis, lo suficientemente extenso como para permitir el desarrollo de la solución. Este período de pruebas no vence con el tiempo sino con la cantidad de diagramas diferentes desarrollados. (Feliu, 2013). En la empresa existen varias herramientas CASE, pero se está usando esta con mayor frecuencia, ya que no hay necesidad de instalar ninguna aplicación en la máquina que consuma recursos, y a la hora de compartir los diagramas es más fácil y rápido enviar la dirección (URL) donde se encuentran y el equipo puede acceder desde sus PC.
- **XP:** Metodología de desarrollo Ágil. Se caracteriza por tener pocos artefactos generados. El modelado es prescindible y los modelos son desechables. Se caracteriza por una programación intensiva que se le presenta al cliente en ciclos o iteraciones donde se les va dando solución a sus historias de usuario. Se utilizó principalmente porque se busca simplificar el proceso de desarrollo de software, además es la utilizada en la empresa y no es factible introducir nuevas metodologías de desarrollo en un equipo que ya domina esta. Más adelante se abordará sobre este tema. (Pérez, Guntín, Alonso, & Coello, 2008) (McDonald, 2017),
- **MVP:** El Modelo vista Presentación es una derivación del patrón modelo vista controlador (MVC) (Buschmann, Meunier, Rohnert, Sommerlad, & Stal, 1996), utilizado en la arquitectura del software. En MVC existen tres componentes: Modelo, vista y controlador. En MVP el controlador cambia a presentador el cual asume la funcionalidad del "medio-hombre". En MVP, toda lógica de presentación es colocada al presentador (Administrador, 2016). (Lou, 2016). El Modelo gestiona los datos a través de las clases o lo que se denomina lógica de negocio. La Vista se encarga de mostrar los datos, aquí se encontrarían los Fragmentos y Vistas. El Presentador se sitúa entre el modelo y la vista, permitiendo conectar la interfaz gráfica con los datos.

1.12 Metodología del proceso de desarrollo del sistema propuesto

Existen diversas metodologías a seguir a la hora de desarrollar un sistema informático, por las particularidades de la empresa Aguas de La Habana su equipo de desarrollo adoptó XP como la metodología que se aplica en sus desarrollos.

El proceso de desarrollo del sistema para dispositivos móviles Android a implementar, se define siguiendo XP, (Pérez, Guntín, Alonso, & Coello, 2008). Ver Figura 1.9

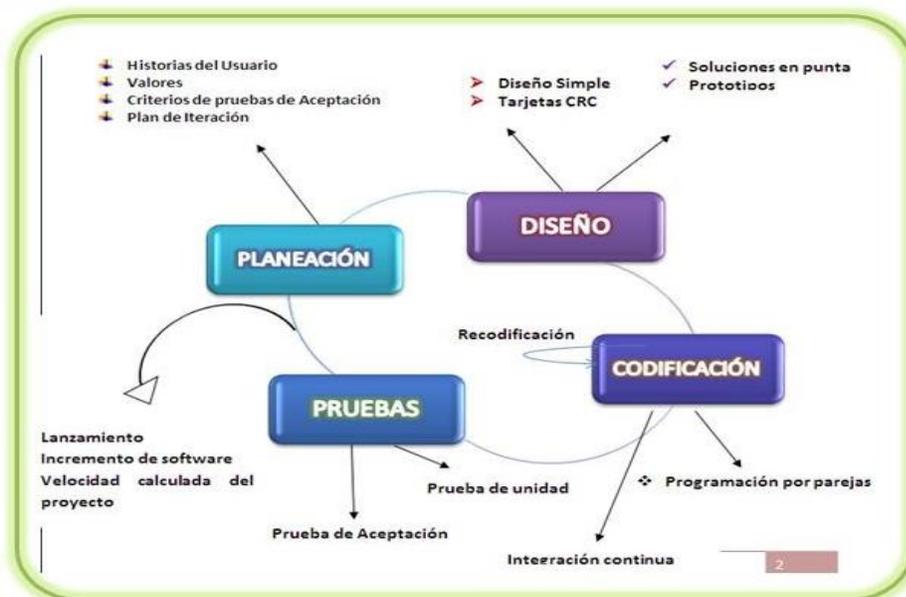


Figura 1. 9 Fases de XP. Fuente: (Colectivo de Autores, 2015)

La elección de esta metodología está determinada normalmente por el estudio de la cantidad de personas involucradas, los medios, el tiempo disponible y la premura de los hechos. Es una metodología ágil centrada en potenciar las relaciones interpersonales como clave para el éxito en el desarrollo de software, promoviendo el trabajo en equipo, preocupándose por el aprendizaje de los desarrolladores, y propiciando un buen clima de trabajo. Se basa en la realimentación continua entre el cliente y el equipo de desarrollo, la comunicación fluida entre todos los participantes, la simplicidad en las soluciones implementadas y el coraje para enfrentar los cambios. Se define como especialmente adecuada para proyectos con requisitos imprecisos y muy cambiantes, y donde existe un alto riesgo técnico.

El ciclo de vida ideal de XP consta de 4 fases: planificación, diseño, codificación y pruebas. Ver Figura 1.9 (Palacios, Suarez, Cristina, Macabril, & Rondón, 2010)

Conclusiones parciales del capítulo I

Se realizó un estudio sobre la evolución de los sistemas SCADA, sus aspectos técnico-teóricos, y del uso de los dispositivos móviles. Se llegó a la conclusión de que existe una tendencia al uso de estos en este tipo de entorno empresarial.

Los sistemas de comunicaciones móviles ofrecen numerosas ventajas para la notificación de alarmas en tiempo real en sistemas SCADA, y su uso en este tipo de sistemas mejora la inmediatez en el aviso de situaciones críticas.

CAPÍTULO # 1 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA INVESTIGACIÓN

Se analizaron otros sistemas móviles existentes en el mercado, pero ninguno se adapta a las necesidades de la empresa Aguas de la Habana.

Se identificó como metodología de desarrollo XP, a partir de ser, según la literatura consultada, la que mejor aplica en la empresa Aguas de La Habana.

Con los estándares proporcionados por ETECSA, la autenticación al APN, así como la autenticación en la aplicación, el nivel de cifrado suministrado por el algoritmo AES, el ambiente seguro generado por tener un número de ICC único en la tarjeta SIM, además del sistema de bloqueo generado y las trazas en las tablas, se considera que se garantiza que el sistema a desarrollar tiene los niveles de seguridad necesarios para el tipo de información que gestiona.

CAPÍTULO 2. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Introducción

En el presente capítulo se describe la solución desarrollada, se detalla el proceso de gestión del SCADA a través de aproximaciones mediante la metodología empleada. Se abordan temas sobre la interoperabilidad y los mecanismos de comunicación entre los sistemas SCADA, los PLC, los sensores, la base de datos y la nueva aplicación AGUAS_MOVIL, ya que cada uno, por sí solo, se puede considerar un sistema aislado y diverso, los cuales interrelacionan entre sí con beneficios mutuos. Se comparte información y conocimiento mediante el intercambio de datos por GPRS y el protocolo industrial ModBus/Tcp. Se detallan las primeras fases de la metodología XP a través de los artefactos generados para vincular la solución con las particularidades que se tiene en el negocio.

2.1. Planificación

Retomando la comparativa de sistemas vistas en la Tabla 1.1 se llega a la conclusión de que se necesita el desarrollo de uno nuevo que cumpla con las siguientes. Ver Tabla 2.1

Tabla 2. 1 Características del nuevo sistema AGUAS_MOVIL. Fuente: Elaboración propia

Sistema	G P R S	Lect. Escr.	Multi- Usuario	Cambios afectan al SCADA	Listado ordenado por jerarquía	Salida a móviles (APK)	Interfaz Minimalista y sencilla	Gráficas dinámicas
AGUAS_ MOVIL	S i	No	Si	No	Si	Si	Si	Si

Desde fecha tan temprana como la planificación, ya se estaban abordando estas características. La planificación es la primera fase de la metodología desarrollada y se basa en reuniones diarias con el grupo interdisciplinario formado por los especialistas en desarrollo y los usuarios encargados del negocio. En estas reuniones se exponen las ideas, problemas y soluciones de forma conjunta.

En esta fase se estudian y exponen los mecanismos de comunicación entre los sistemas y la interoperabilidad entre los mismos. Ver Figura 2.1.

En el área de los sensores, PLC y Router Modem el intercambio de información es a través del protocolo de comunicación ModBus/TCP y constituyen un sistema en sí, ya que en muchos de los lugares donde están instalados, los PLC, tienen pantallas de configuración que permiten un nivel primario de gestión en todos sus sensores. A partir de los Router Modem la señal es convertida por estos al estándar GPRS, y transmitida a la empresa en tiempo real. (Puede convertirse al 2G o 3G en función del tipo de

cobertura presente). De este proceso se encarga el SCADA que se tiene instalado, el cual se encuentra en el despacho o puesto de mando, y guarda esta información en su base de datos. Por otra parte, los móviles con la tarjeta SIM, a través del estándar GPRS, con el protocolo Tcp/Ip se conectan a la base de datos del SCADA en la empresa, de esta obtienen la información necesaria para su gestión y guardan la información necesaria en su propia base de datos. Este intercambio por el estándar GPRS, tanto de los Router Modem hacia el SCADA como de los móviles al SCADA se realiza a través del APN suministrado por ETECSA y CUBACEL. Como se puede observar conviven en un entorno varios sistemas independientes entre sí, que intercambian información para lograr objetivos comunes en cuanto al aviso y la oportuna toma de decisiones.

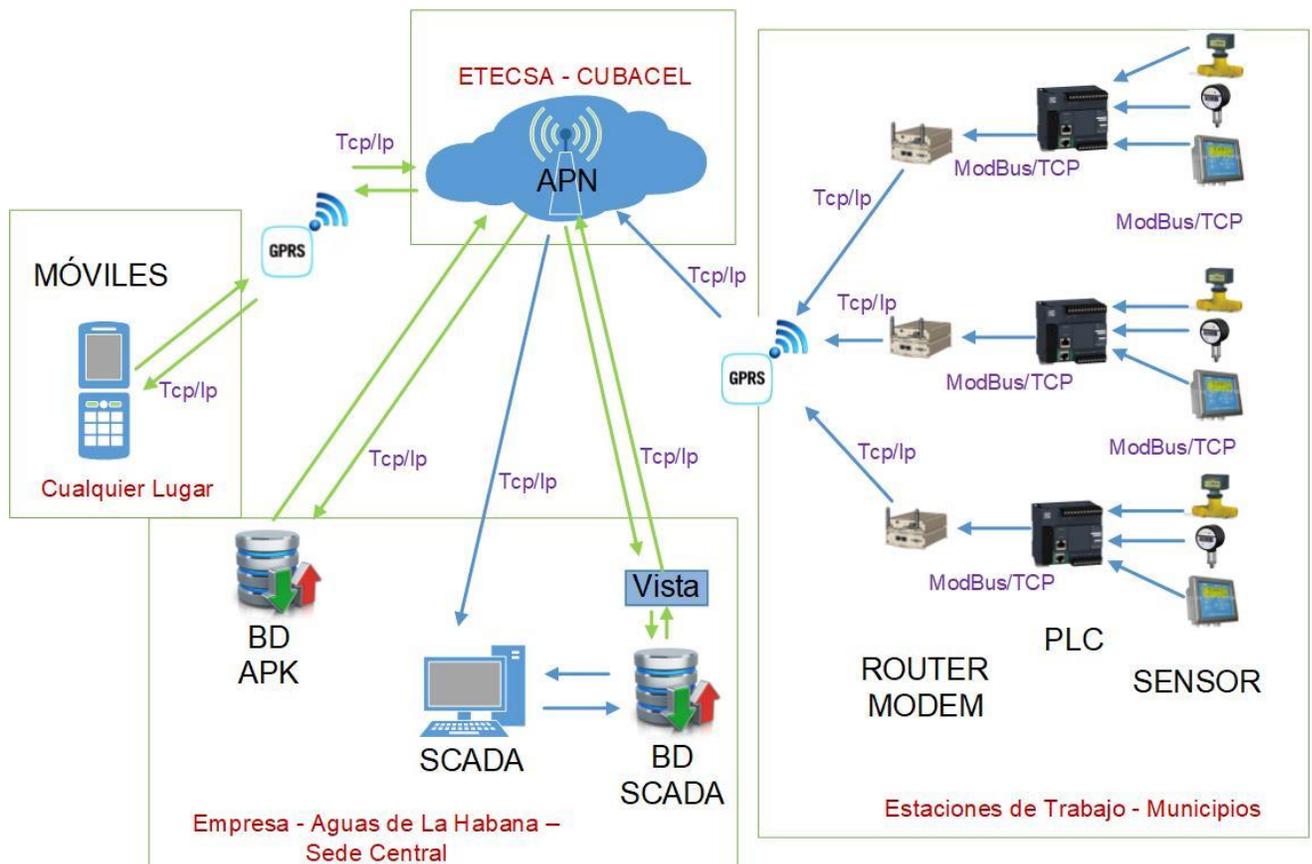


Figura 2. 1 Interoperabilidad de los sistemas. Fuente: Elaboración Propia

Para el estudio del proceso se dividió en tres paquetes principales los cuales fueron: **SCADA**, **Gestión de Datos** y **Notificación**, ver Figura 2.2. El paquete **SCADA** hace referencia al proceso propio del SCADA privado el cual es usado en el paquete Notificación en el momento de buscar los valores de los sensores. El paquete **Gestión de Datos** hace referencia al momento de gestionar los datos de acceso de usuarios y equipos y la gestión de las alertas y alarmas. Por su parte el paquete **Notificación** hace

referencia a la emisión de alertas y alarmas. Este paquete usa además el paquete **Gestión de Datos** ya que debe buscar las configuraciones guardadas por los usuarios en la base de datos.

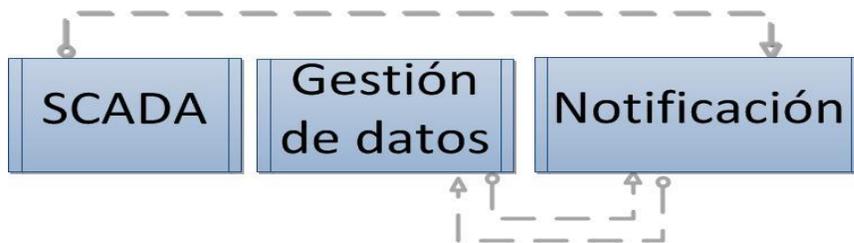


Figura 2. 2 Diagrama del proceso General. Fuente: Elaboración propia

El Proceso SCADA (Figura 2.3) inicia con la medición de los valores referentes a presión, caudal, estado de los motores, concentración de cloro, nivel de los canales y nivel de tanque. Esta medición se realiza a través de sensores que se encuentran ubicados en las estaciones de trabajo. Estos valores son transmitidos hasta el puesto de mando donde se ubica el SCADA, el cual guarda en base de datos estos valores. Desde este puesto de mando se puede realizar una gestión primaria de los datos del proceso a través de las interfaces que este posee.

El proceso de **Gestión de Datos**, ver Figura 2.4, inicia cuando desde los dispositivos móviles se realizan peticiones de gestión de los datos de configuración de accesos de usuarios y equipos o la gestión de los valores de configuración de las alertas y alarmas. Estos datos son introducidos por los usuarios y son guardados en la base de datos propia de la aplicación.

El proceso de **Notificaciones**, ver Figura 2.5 inicia en un proceso automático, transparente al usuario, el cual está en ejecutándose en segundo plano y desde el cual se consulta para saber el estado de las variables de los sensores a través de una vista configurada con este fin y se accede también a la base de datos propia para leer los valores de configuración a partir de los cuales se emitirán las alertas y/o alarmas. Se realiza una comprobación de si es necesario emitir alguna notificación, en caso de no ser necesario emitir ya que los valores encontrados están en los rangos óptimos se termina el ciclo hasta la próxima iteración. En caso de encontrar valores fuera de los rangos óptimos se verifica por cada uno de los usuarios si ya la alerta o alarma le fue emitida con anterioridad. Si ya le fue emitida y no ha pasado una hora desde que fue emitida no se le vuelve a emitir y se continúa para el siguiente usuario. En caso de que a algún usuario no se le haya emitido la notificación correspondiente pues entonces se le emite y se guarda esta notificación en la base de datos propia.

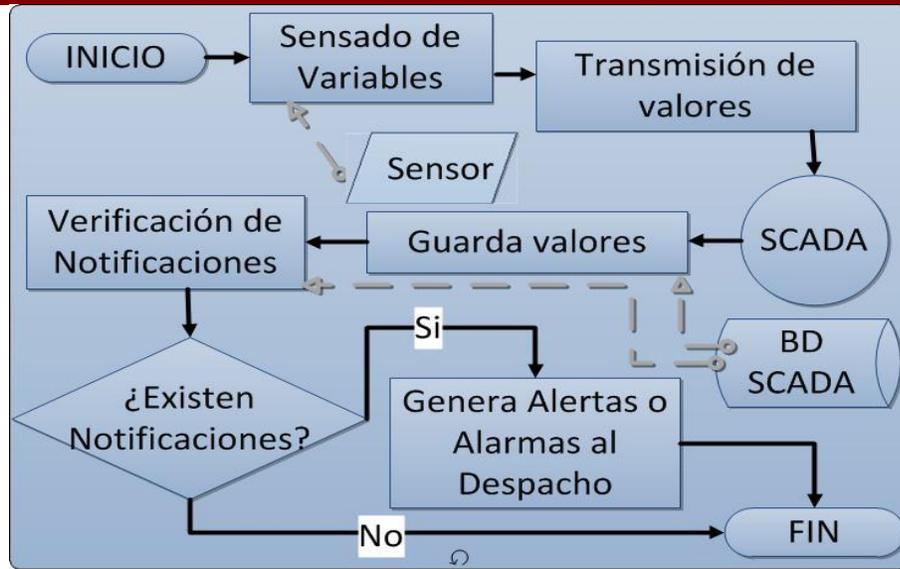


Figura 2. 3 Diagrama de Flujo del proceso SCADA. Fuente: Elaboración Propia



Figura 2. 4 Diagrama de Flujo del proceso Gestión de Datos. Fuente: Elaboración Propia

Los dispositivos móviles realizan peticiones a la base de datos propia, que se encuentra en los servidores de la empresa, y al mismo tiempo, son capaces de leer los datos que brinda el SCADA a través de una vista configurada para estos fines. Con la lectura de los valores del SCADA, sumado a los valores de configuración guardados en su propia base de datos, son capaces de hacer un nivel de gestión que identifica alertas y alarmas, las cuales son emitidas al detectarlas, y guardan, en la base de datos propia, un histórico de las alertas y alarmas generadas, para evitar volver a enviarlas a los usuarios que ya han sido notificados. El tiempo establecido con este fin, fue de 1 hora, así se les permite un margen razonable, para resolver los problemas presentados y fue establecido por los directivos y decisores.

Los dispositivos móviles realizan toda la gestión en su propia base de datos, solamente acceden a la vista del SCADA para leer periódicamente los valores de los sensores, ya que no existe una vía directa para acceder a esta base de datos, ya que es un software privado, el cual no permite este tipo de modificaciones o acceso. Estas vistas vienen programadas con el propio sistema SCADA al momento

de comprar la licencia para el uso de bases de datos, y sobre las misma no se puede realizar ningún cambio, solo consultarlas con la documentación específica que fue entregada. Tienen un tiempo de respuesta rápido, siempre por debajo de los 0.05 segundos.

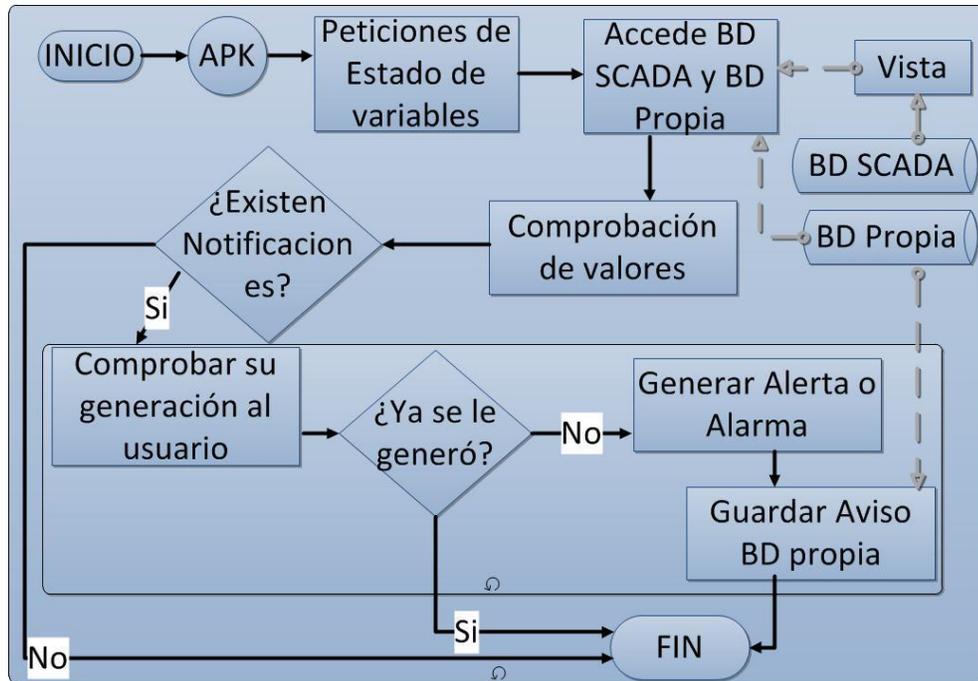


Figura 2. 5 Diagrama de Flujo del proceso Notificaciones. Fuente: Elaboración Propia

2.1.1. Historias de usuario

Se definen las historias de usuario que son el punto de entrada para el desarrollo de la aplicación, la solución se basa en ellas para tratar de darle solución siguiendo cierto orden lógico. Para identificarlas se realizaron reuniones de trabajo con los principales especialistas, directivos y decisores. En total fueron 20 personas que abarcó un equipo interdisciplinario integrado por informáticos, automáticos, directivos, jefes de brigada y operarios destacados, aunque el peso fundamental lo tuvieron los directivos y decisores responsables del SCADA. Todo el equipo contaba con experiencia en la actividad traducida en años en el servicio y resultados laborales. Sobre los mismos se ampliará más adelante en la validación de los resultados. Con este equipo se trató de resumir de una forma concreta y resumida las características que se quería tuviera el sistema. (Sherman, 2017)

Además, se realizaron entrevistas con algunos jefes de brigada, de los distintos municipios de la capital, que, por su contenido de trabajo, no podían asistir a las reuniones de trabajo en la sede central. En estos casos se viajaba al municipio y se le entrevistaba sobre cómo era el proceso de extracción, purificación y traslado de agua en las estaciones que el entrevistado controlara. Como resultado, se pudo conocer, de primera mano, la necesidad del desarrollo del sistema y que este fuera fácilmente

entendible para personas que no dominaran términos informáticos. Además, se verificó lo difícil que resultaría el tendido de cables para la conexión hasta los pozos y estaciones como vía alternativa a la de GPRS. Estas entrevistas no tenían una serie de preguntas predefinidas, se enfocaban principalmente, en dialogar con las personas en su área de trabajo y se les explicaba lo que se quería realizar y estos aportaban ideas.

Se identificaron 12 historias de usuario, las cuales de forma resumida se presentan en la Tabla 2.2

Tabla 2. 2 Resumen de historias de usuarios. Fuente: Elaboración Propia

Nombre de la Historia de usuario	Número de Historia	Rol
Acceso al sistema	1	Administrador, usuario
Listar las principales estaciones.	2	Administrador, usuario
Listar las sub-estaciones	3	Administrador, usuario
Gráfico de Sensores en tiempo real.	4	Administrador, usuario
Gestión de dispositivos móviles	5	Administrador
Gestión de usuarios del sistema	6	Administrador
Emisión de alarmas	7	Administrador, usuario
Gestión de alarmas	8	Administrador
Emisión de alertas	9	Administrador, usuario
Gestión de alertas	10	Administrador
Histórico por estación	11	Administrador, usuario
Detener/Comenzar notificaciones	12	Administrador, usuario

2.2. Diseño

La metodología XP sugiere que hay que conseguir diseños simples y sencillos. Hay que procurar hacerlo todo lo menos complicado posible para conseguir un diseño que sea fácil de entender e implementar que a la larga costará menos tiempo y esfuerzo desarrollar.

De forma reducida se puede observar en la Figura 2.6 cómo queda representada esta idea y al mismo tiempo como se adapta al patrón MVP.

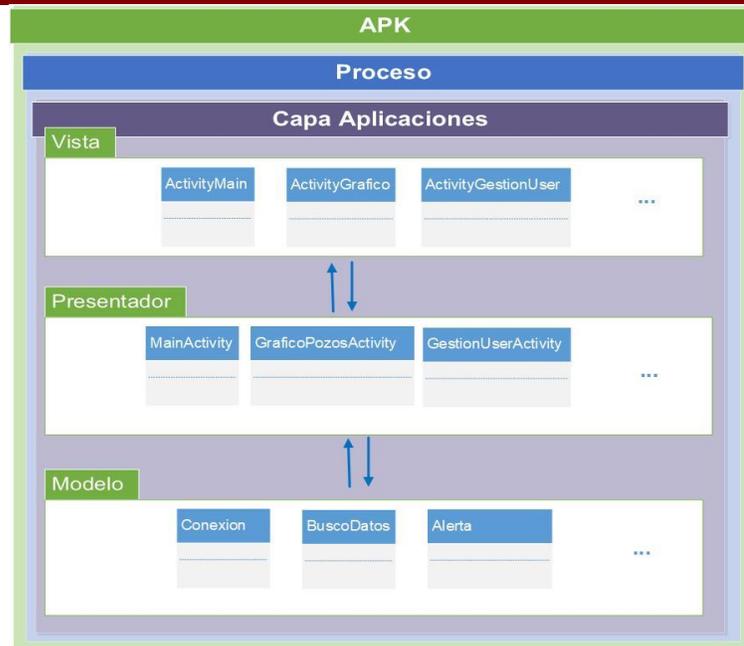


Figura 2. 6 Diseño en capas de la aplicación. Fuente Elaboración propia

Como se puede observar la arquitectura de la aplicación en Android queda dividida en 3 capas bien definidas, el modelo, la vista y el presentador, las cuales intercambian información.

2.2.1. Patrones utilizados en el desarrollo de la solución

El sistema está planteado con una arquitectura basada en el patrón Modelo Vista Presentador (MVP). Esto permite manejar de forma independiente las actividades encargadas de las vistas y las clases presentadoras que como su nombre indica están encargadas de intermediar entre la vista y el modelo. En el caso específico de Android, el MVP tiene como principal bondad separar los datos de una aplicación, la interfaz de usuario y la lógica de negocios en tres componentes distintos que se relacionarán para tener como resultado la aplicación final.

Modelo: Son las representaciones que se construyen basadas en la información con la que operará la aplicación. El modelo elegido depende obviamente de las necesidades de información de la aplicación. Como ejemplo de clases pertenecientes al modelo se tienen las clases **Alerta** y **Equipo**.

Vista: No es más que la interfaz con la que va a interactuar el usuario. En Android, las interfaces se construyen en XML. Construyendo un esqueleto en XML que equivale al HTML de un sitio web. Ejemplo de vistas en el sistema está el listado.xml, **Activity_main.xml**, **edicionAlerta.xml**, etc.

Presentador: Constituyen el conjunto de clases que permiten desplegar y consumir información de y para el usuario. Estos controladores se consideran el núcleo de la aplicación. Ejemplo de clases presentadora en el sistema se tiene la clase **MainActivity**, que controla el acceso de los usuarios; Listado, que accede a la base de datos y carga en listas de instancias de clases pertenecientes al

modelo; **GráficoPozosActivity**, que controla la creación del gráfico por cada elemento seleccionado, entre otras.

Los desarrolladores orientados a objetos con experiencia (y otros desarrolladores de *software*) acumulan un repertorio tanto de principios generales como de soluciones basadas en aplicar ciertos estilos que les guían en la creación de software. Estos principios y estilos, si se codifican con un formato estructurado que describa el problema y la solución y se les da un nombre, podrían llamarse patrones. (Larman, 2002)

A continuación, se especifican los patrones que son utilizados en la solución a desarrollar:

2.2.1.1. Patrones GOF

Los patrones GoF o Banda de los Cuatro describen las formas comunes en que diferentes tipos de objetos pueden ser organizados para trabajar unos con otros. Tratan la relación entre clases, la combinación de clases y la formación de estructuras de mayor complejidad. Existen tres tipos de patrones: los de **creación** que abstraen el proceso de creación de instancias, **estructurales** que se ocupan de cómo las clases y objetos son utilizados para componer estructuras de mayor tamaño y de **comportamiento** que se refieren a los algoritmos y a la asignación de responsabilidades entre objetos (Gamma, Helm, Johnson, & Vlissides, 1995) (Kardell, 1997) (Díaz Espítitu, 2017) (Yorio & Rossi, 2005)

- **Creación:** Dentro de los patrones de creación se utiliza el **Abstract Factory** el cual, dado un conjunto de clases abstractas relacionadas, permite el modo de crear instancias de estas clases abstractas desde el correspondiente conjunto de subclases concretas. Proporciona una interfaz para crear familias de objetos relacionados o dependientes sin especificar su clase concreta. Puede ser muy útil para permitir a un programa trabajar con una variedad compleja de entidades externas, tales como diferentes sistemas de ventanas con una funcionalidad similar. En la solución planteada este patrón es utilizado con las clases **BroadcastReceiver**, **ActionBarActivity**, **ArrayAdapter**, **Service** e **Intent** entre otras, permitiendo, cuando se instancia, especificar el tipo de clase que va a crear. En el diagrama de clases del diseño se especifica el uso del patrón en el desarrollo de la solución.
- **Estructurales:** Dentro de los estructurales se utilizó el Modelo Vista Controlador (**MVC**), el cual separa en tres capas la solución, el Modelo, la vista y el Controlador. Será abordado con más profundidad más adelante. (Luis, 2017) (César Fernández, 2017)
- **Comportamiento:** Dentro de los patrones de comportamiento se utilizó el patrón de tareas asíncronas. Es el nuevo patrón asincrónico basado en la clase **AsyncTask**. Es el enfoque recomendado para la programación asincrónica. Se utilizará principalmente en tareas de larga duración, sobre todo cuando se busca información en la base de datos, en la conexión a la misma y a la hora de guardar información. Se usará siempre para evitar que la vista se “congele” y siga

prestando sus servicios mientras que en segundo plano se ejecuta la instrucción que se necesita. Se utiliza en consultas a la base de datos. (M. Bolinches, 2016) y (Udhay, 2014). Ver Figura 2.7

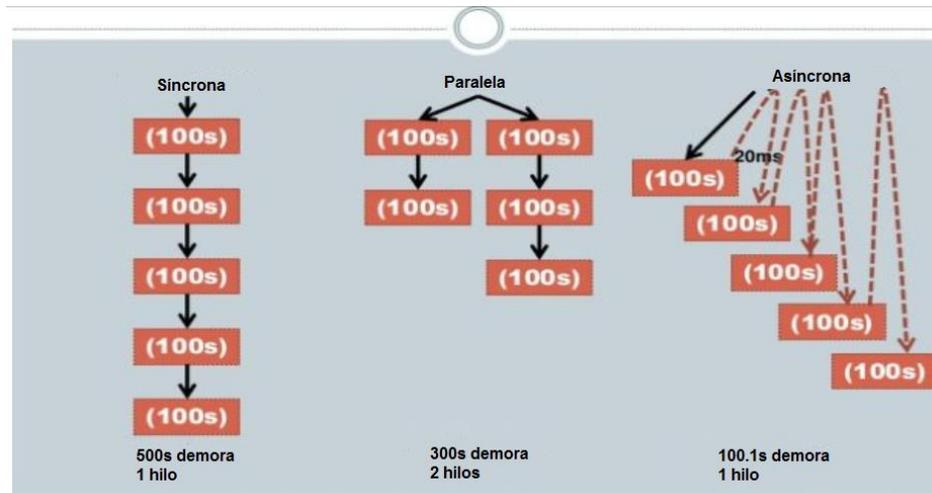


Figura 2. 7 Ejemplo de patrón Asíncrono. Fuente: (M. Bolinches, 2016)

2.2.1.2. Patrones GRASP

Patrones Generales de Asignación de Responsabilidad (GRASP) representan los principios básicos de la asignación de responsabilidades a objetos, expresados en forma de patrones. (Casas de la Torre & Urquiza Barraza, 2017) (Larman, 2002). Sirven además para asignar correctamente las responsabilidades en el diseño de la programación orientada a objetos. Los patrones GRASP son un método de enseñanza que ayuda a entender el Diseño de POO y aplica el análisis y diseño de objetos de un modo sistemático, racional y explicable. Se utilizan los siguientes:

- **Experto:** La responsabilidad de realizar una labor es de la clase que tiene o puede tener los datos involucrados. La solución planteada se desarrolla bajo el concepto de que la responsabilidad de la creación de un objeto o la implementación de un método, debe recaer sobre la clase que conoce toda la información necesaria para crearlo. Se puede ver la aplicación de este patrón, por ejemplo, la clase **Alerta**, es la encargada de generar, modificar y guardar las alertas del sistema ante cambios de los valores de los sensores.
- **Creador:** Ayuda a identificar quién debe ser el responsable de la creación (o instanciación) de nuevos objetos o clases. En el desarrollo de la solución planteada se trabaja con clases que realizan esta función, como es la clase **Usuario** que necesita de instancias de la clase **Equipo**, sin embargo, ella misma realiza su instanciación.
- **Alta Cohesión:** Es la meta principal que se tiene en cuenta en cada momento en todas las decisiones de diseño. Es un patrón evaluativo que el desarrollador aplica al valorar sus decisiones

de diseño. Siguiendo con este principio, el diseño de clases se encuentra construido teniendo en cuenta que una clase de alta cohesión posee un número relativamente pequeño, con una importante funcionalidad relacionada y poco trabajo que hacer. La clase **Encripta** presenta sólo dependencia con la clase **MainActivity**. Esta clase, a pesar de tener gran responsabilidad de seguridad, tiene dependencias solamente con la clase necesaria.

- **Bajo acoplamiento:** El bajo acoplamiento es un principio que se debe tener en cuenta durante las decisiones del diseño. Soporta el diseño de clases más independientes, que reducen el impacto de los cambios, y también más re-utilizables, que acrecienten la oportunidad de una mayor productividad. En el diseño propuesto las clases se encuentran poco ligadas o acopladas entre sí, lo que permite su reutilización y modificación sin prácticamente cambios en su estructura, lo que trae como consecuencia que se tiene una mínima repercusión en el resto de clases, potenciando la reutilización y disminuyendo la dependencia entre ellas. La clase **Conexión** se encarga de manejar las conexiones a la base de datos, está diseñado sobre la idea de si se quisiera añadir o modificar la existente la tarea se convertiría en algo sencillo, añadiendo una nueva clase o mediante su modificación o reutilización.

2.2.1.3. Patrones propios de Android

La solución incluye una serie de patrones que engloban las buenas prácticas en el desarrollo de este tipo de aplicaciones. (Android Patterns, 2017) (Rodríguez T. , 2011) (Cuello & Vittone, 2015)

- **Notificaciones:** Las notificaciones le dicen al usuario sobre un evento que ocurre en una aplicación. Pueden requerir que el usuario responda, pero también solo pueden proporcionar la información necesaria. Se utiliza en la notificación de Alarmas y Alertas, además de brindar información cuando se salvan correctamente los datos introducidos. Se utiliza en dos variantes, haciendo uso del **ToastMessage** y del **ProgressWheel** que son clases definidas en Java.
- **Interacciones de Pantalla:** Las interacciones de pantalla incluyen todas las interacciones con los dedos que los usuarios pueden realizar en la pantalla. Excepto por el simple toque, porque esto siempre significa 'seleccionar'. Este patrón es utilizado en las listas de selección con los **longTouch** programados sobre ellas.
- **Navegación:** La navegación es el proceso de ir de un lugar a otro. Tiene dos objetivos, permitirle al usuario saber qué información está disponible en la aplicación y ayudarlo a encontrar la información deseada lo más rápido posible. En la solución se crea un menú por cada rol, y la navegación entre pantallas es fácil e intuitiva. Se utiliza la barra de acción de Android donde se va escribiendo el nombre de la pantalla en la que se está trabajando.
- **Simplicidad:** Todas las pantallas son simples y fácilmente entendibles. Son intuitivas, para que los usuarios puedan trabajar con la aplicación sin dificultades.

- **Consistencia:** Una aplicación tiene diferentes pantallas que la componen y al mismo tiempo, está dentro de un sistema operativo que propone un determinado aspecto visual e interacción. Los usuarios tienen experiencia con otros sistemas operativos y esperan que este haga lo mismo ante botones similares, si se usa un botón que representa la acción «eliminar» en el sistema operativo, el usuario esperará que también dentro de la aplicación haga lo mismo.
- **Incidencia en la orientación del terminal:** Al girar el móvil en los gráficos estos se adaptan para ofrecer una mejor experiencia al usuario.
- **Listas:** Todo contenido estructurado dispuesto verticalmente puede conformar una lista. Esta forma de mostrar tantos ítems como sea necesario permite al usuario tocar alguno de ellos para obtener información complementaria. En la solución se utilizaron listas con imágenes y datos para mostrar la información de los pozos.
- **Volver:** A medida que se va avanzando en profundidad de contenidos es necesario contar con una forma de retroceder o volver a niveles superiores. En el mundo móvil, con la navegación pantalla a pantalla, el uso del botón «volver» es muy frecuente. En la solución se permite el regreso entre pantallas.

Como un aspecto a destacar por la importancia que tiene para la empresa y lo novedoso que resulta su uso en la solución se combinaron el uso del **BroadcastReceiver** con el **AsyncTask** para realizar una tarea encargada de recibir el estado del dispositivo y mantener un hilo en segundo plano en tiempo real, el cual es el encargado de recibir los valores de los sensores presentes en el SCADA, conectándose a su base de datos y generar las alertas y alarmas según su configuración. Este hilo secundario siempre se está ejecutando, aun cuando el celular no tenga la aplicación ejecutándose o se reinicie. Esta clase se denomina **AutoArranque** y combina el uso de estos dos patrones.

2.2.2. Diagrama de clases de la aplicación

Los diagramas de clase UML muestran las clases del sistema, sus interrelaciones y las operaciones y atributos de las clases. Diagramas de clase se suelen utilizar, aunque no todos a la vez, para: (Scott W. A., 2014).

- Explorar los conceptos de dominio en la forma de un dominio modelo.
- Analizar los requisitos en la forma de un modelo conceptual y análisis
- Representa el diseño detallado del software orientado a objetos o basado en objetos.

El diagrama de clases de la aplicación se representa en la Figura 2.8, y se pueden observar las distintas clases desarrolladas agrupadas en tres componentes principales, las vistas en color verde, los presentadores en color azul y las clases de manejo de datos en color gris.

Todas las vistas parten de la clase **MainActivity**, la cual es la vista principal de la aplicación y a partir de la misma se pueden acceder al resto de las vistas. Existe una para cada rol, así es el caso de

RoAdminActivity y **RoUserActivity**. Desde ellas se puede acceder al menú de opciones a los que tiene acceso cada uno. Existen además, otras vistas las cuales son: **EdiciónAlertaActivity** para la gestión de las alertas, **GestionUserActivity** para la gestión de los usuarios y equipos que se conectarán desde los móviles, **GraficoPozosActivity** que realiza los gráficos dinámicos de las estaciones en función de los sensores que tenga instalados, **ListadoActivity** para mostrar de forma ordenada los pozos y estaciones de trabajo de lo general a lo particular y **GraficoHistoricoActivity** para realizar el gráfico, por la estación seleccionada, de lo que ha ocurrido un tiempo atrás hasta el presente de todos sus sensores.

Se utilizan además varias clases propias de JAVA para realizar comportamientos determinados. Como estas se tiene: **ActionBarActivity**, **Activity**, **Timer**, **LineChart**, **AsynkTask**, **BroadcastReceiver**, **Service** y **ArrayAdapter**. Estas clases provocan que las clases que heredan de ella adopten el comportamiento que estas traen por defecto.

Por otra parte, se tiene una capa de presentación, la cual conecta la vista con las clases de más baja jerarquía o más próximas al origen de datos. Se consultó el artículo "[A Comparison of Android Native App Architecture–MVC, MVP and MVVM](#)" disponible en (Lou, 2016),

Ejemplo de ellas se tiene la clase **AutoArranque**, la cual tiene el comportamiento de que está en ejecución todo el tiempo, aun cuando el usuario no tenga la aplicación ejecutándose. Tiene una dependencia con la clase **ServicioAlerta** la cual tiene implementada un servicio el cual es el encargado de buscar y recibir las alertas y alarmas generadas.

Por otra parte, se tiene la clase **Listado** la cual es la encargada de listar los pozos y estaciones de bombeo y enviarlos a la vista correspondiente. Esta clase es dinámica y recursiva ya que en la medida que los elementos más generales contengan más niveles de elementos hijos esta se vuelve a llamar con los hijos y así hasta llegar al último nivel donde ya no se tengan más elementos hijos. Como esta clase tiene este comportamiento necesita una interfaz dinámica que lo garantice es por eso que tiene la clase **LenguajeListaAdapter** que le sirve de complemento para lograr tal fin.

Con comportamiento similar se tiene la clase **LenguajeListAdapterAlertas** la cual muestra el listado de configuración de alertas por cada uno de los sensores en cada una de las estaciones. Esta clase envía y recibe de la vista correspondiente.

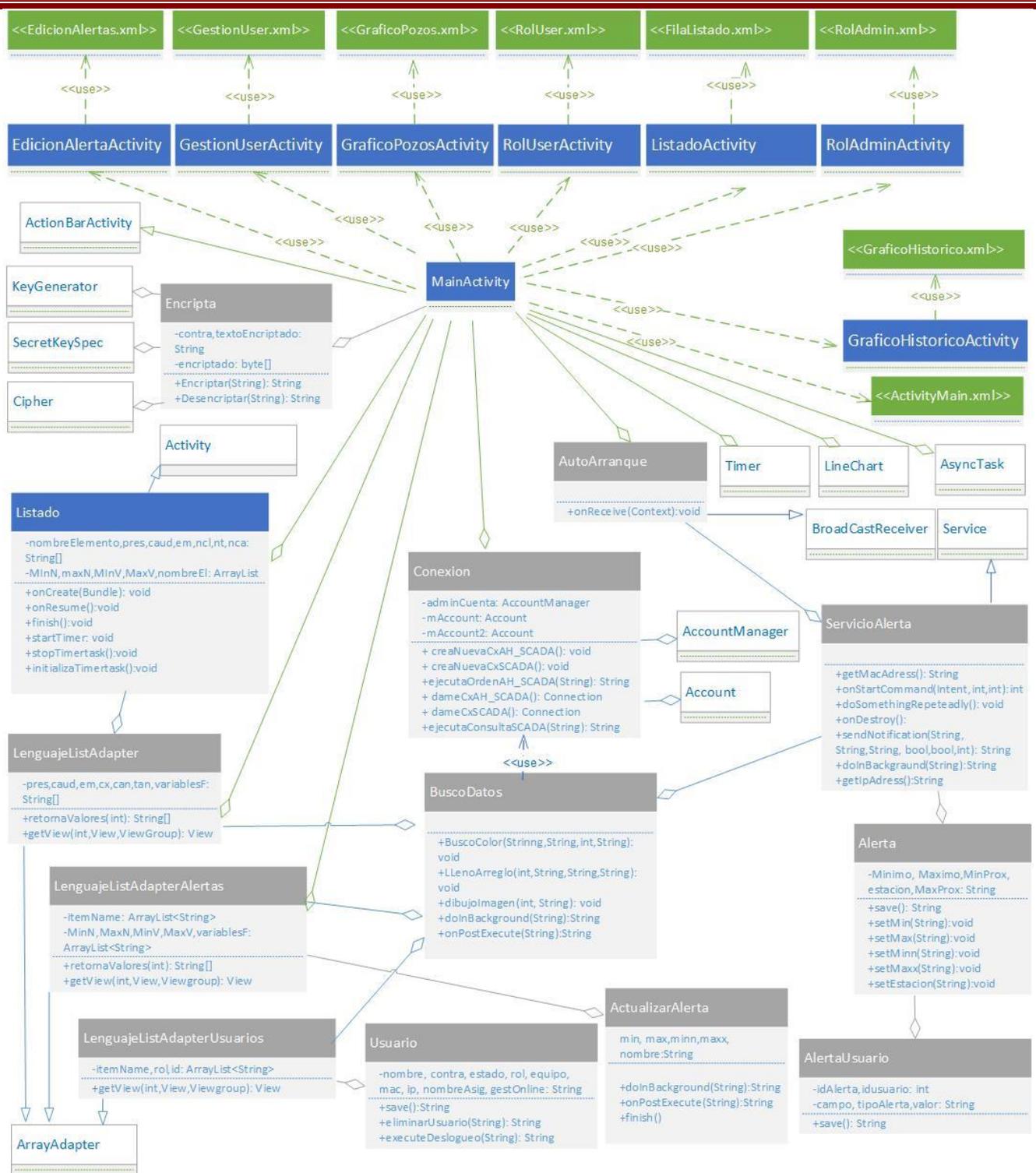


Figura 2. 8 Diagrama de clases de la aplicación. Fuente: Elaboración propia.

Con otro comportamiento similar tiene la clase **LenguajeListaAdapterUsuarios** la cual muestra el listado de usuarios con equipos para su gestión y envía y recibe los datos de su vista correspondiente.

Tanto las clases **LenguajeListaAdapter** como **LenguajeListAdapterAlertas** y **LenguajeListaAdapterUsuarios** tienen una relación de herencia con la clase **ArrayAdapter** ya que en su interior los listados antes mencionados se convierten en arreglos de elementos.

Se tiene la clase **BuscoDatos** la cual usa la **Conexión** existente, con el fin de enviar y recibir órdenes e información a la base de datos. La clase **Usuario** es llamada desde la clase **LenguajeListaAdapterUsuarios** y es la encargada de salvar y eliminar los usuarios con los equipos asociados.

La clase **ActualizarAlerta** es llamada desde la clase **LenguajeListAdapterAlertas** y se utiliza para guardar las alertas que fueron modificadas en la vista de gestión de alertas.

Por su parte las clases **Alerta** y **AlertaUsuario** son utilizadas en el **ServicioAlerta** para guardar las alertas y/o alarmas generadas, además de guardar a que usuario fue emitida para que no le vuelva a salir en un tiempo prudencial (una hora).

La clase **Encripta** es utilizada para cifrar la contraseña en la información que es enviada a la base de datos en la autenticación.

2.2.3. Tarjetas Clase-Responsabilidad-Colaboración

Un modelo de clase responsabilidad colaborador (CRC) es una colección de tarjetas de índice estándar que se han dividido en tres secciones, como se muestra en La Tabla 2.3. Una clase representa una colección de objetos similares, la responsabilidad es algo que una clase sabe, y un colaborador es otra clase que interactúa con esta para cumplir con sus responsabilidades. (Scott W. A., 2014).

Tabla 2. 3 Tarjeta CRC Usuario. Fuente: Elaboración propia

Usuario	
Responsabilidad	Colaboración
Guardar información de los usuarios	
Verificar información de los usuarios	
Guardar información de los Equipos	Equipo

Las tarjetas CRC brindan una aproximación a las clases persistentes del negocio. Se identifica la Responsabilidad de cada Entidad y su colaboración con otras Entidades. Identificarlas correctamente trae como consecuencias adelanto de tiempo a la hora del desarrollo del sistema.

La técnica consiste en dibujar una tarjeta por cada clase u objeto, y dividirla en tres zonas:

- En la parte superior, el nombre de la clase.
- Debajo, en la parte izquierda, las responsabilidades de dicha clase. Son sus objetivos, a alto nivel.

- A la derecha de las responsabilidades, los colaboradores, que son otras clases que ayudan a conseguir cumplir a esta con sus responsabilidades.

En la solución desarrollada se identificaron siete entidades las cuales fueron:

- **Usuario** (Del Modelo Gestión)
- **Equipo** (Del Modelo Gestión)
- **Alerta** (Del Modelo Gestión)
- **AlertaUsuario** (Del Modelo Gestión)
- **Histórico** (Del Modelo Gestión)
- **Runtime** (Del Modelo SCADA)
- **History** (Del Modelo SCADA)

Luego de su definición e implementación se tiene como consecuencia el artefacto modelo físico de la base de datos.

2.2.4. Modelo físico

Un diseño adecuado de la base de datos no puede ser tomado a la ligera. Se necesita un enfoque formal, práctico y general para reunir los requerimientos de datos y su modelado. La normalización de los mismos es una parte importante.

Un diseño normalizado reduce la redundancia de los datos e inconsistencias al asegurar que los elementos de datos están diseñados apropiadamente. (Smullins, 2011).

El diseño de la base de datos contiene 2 diagramas de modelos físicos correspondientes a las partes que conforman las funcionales del sistema, siendo estas: **Modelo_SCADA** y **Modelo_Gestión**. La diferencia radica en la cantidad de tablas y relaciones, así como las bases de datos donde radican físicamente, además de los campos y el trato que reciben por parte del subsistema en el cual se encuentre anclado. El **Modelo_Gestión** es el encargado de gestionar los datos provenientes del **Modelo_SCADA** privado, y al mismo tiempo guardar su propia gestión correspondiente a la configuración para los móviles, pero no tienen una relación directa entre sí, ya que no es posible vincularlos por las particularidades de tener este diseño privativo que no permite otra vía de comunicación que no sean las vistas diseñadas para ser consultadas. Ver Figura 2.9. Como la solución desarrollada parte de una base de datos ya existente, la cual es la base de datos con la cual opera hoy el SCADA. Esta base de datos está cifrada y no permite conocer su estructura completa ni como guarda la información, para acceder a ella existen vistas cifradas también que son facilitadas por sus desarrolladores al momento de comprar la licencia. Esto es lo más cercano que se tiene a una API para consultar los datos de los sensores.

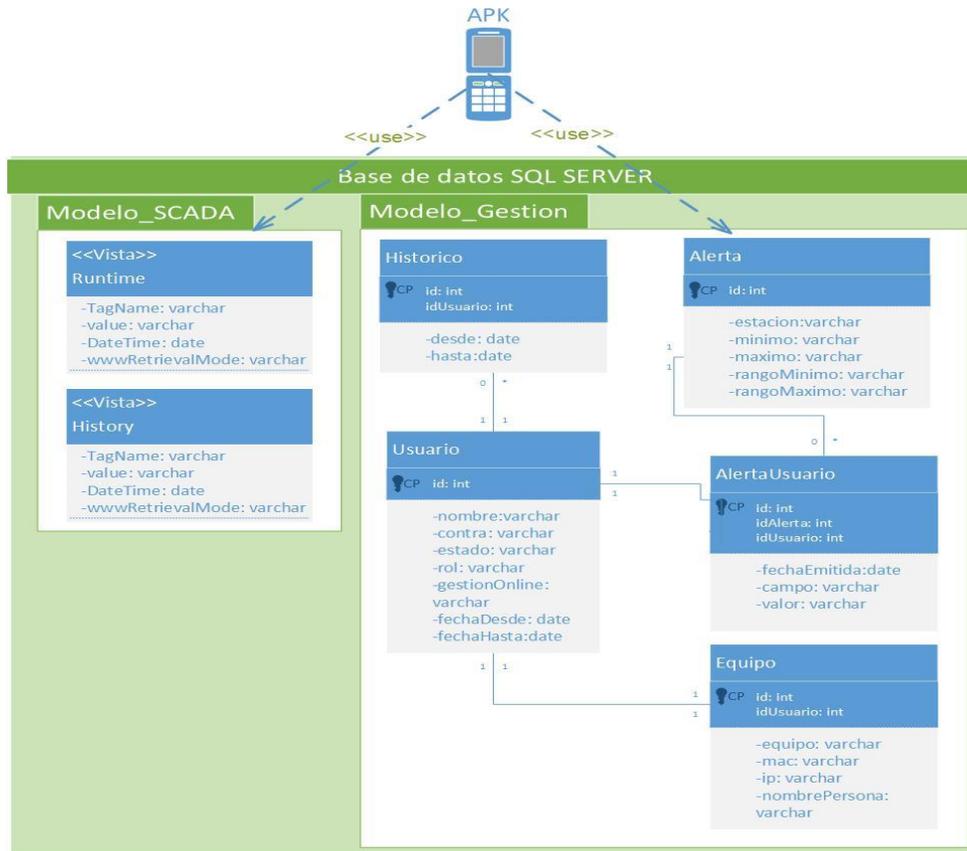


Figura 2. 9 Modelo de datos de la base de datos. Fuente: Elaboración propia

En esa base de datos solo se puede hacer uso de las vistas para pedir la información de los sensores como se provee en la documentación, según sus exigencias. En el diagrama se quiso simplificar toda esta relación entre tablas y vistas presentes en la base de datos actual del SCADA, simplificándolos a las tablas **Runtime** e **History**, las cuales, según la documentación suministrada son las encargadas de tenerla información relativa a todas las variables controladas por el mismo. Esta es una representación de los datos más significativos, ya que estas vistas poseen gran cantidad de información almacenadas en otras columnas, que no fueron utilizadas en la solución.

Para dar solución a las historias de usuarios, con sus correspondientes tareas de ingeniería se desarrolló una serie de tablas en el **Modelo_Gestión (Alerta, AlertaUsuario, Equipo, Usuario e Histórico)**, montadas sobre el mismo gestor, que tuviera cierta relación lógica con las variables controladas.

Es por esto que la relación entre **RunTime** y **Alerta** es por el campo **TagName** y estación respectivamente, ya que estos campos hacen referencia de manera inequívoca a los nombres de las variables. Lo mismo ocurre con la tabla **History**, que tiene las mismas funciones que **Runtime**, pero la primera está desarrollada para obtener los valores de los sensores en tiempo real y la segunda para buscar datos de forma histórica.

La tabla **Usuario** guarda lo referente a los usuarios con acceso al sistema donde cada usuario tiene que tener un **Equipo** asociado y puede o no tener un **Histórico** de accesos al sistema. Por otra parte, esta tabla **Usuario** puede tener varias alertas emitidas a través de la tabla **AlertaUsuario** la cual guarda las alertas emitidas para cada usuario. La tabla **Alerta** se utiliza para guardar los datos de la gestión de las alertas con los nuevos valores con los cuales los directivos, decisores y especialistas quieren que se les notifique en caso de problemas.

2.3. Codificación

Como ya se ha dicho, el cliente es una parte más del equipo de desarrollo; su presencia es indispensable en las distintas fases de XP. A la hora de codificar una historia de usuario su presencia es aún más necesaria. No se puede olvidar que los clientes son los que crean las historias de usuario y negocian los tiempos en los que serán implementadas.

Antes del desarrollo de cada historia de usuario el cliente debe especificar detalladamente lo que ésta hará y también tendrá que estar presente cuando se realicen los test que verifiquen que la historia implementada cumple la funcionalidad especificada. La codificación debe hacerse ateniendo a estándares de codificación ya creados. Programar bajo estándares mantiene el código consistente y facilita su comprensión y escalabilidad.

En la solución desarrollada se trabajó con el cliente de forma permanente, tomando muy en cuenta sus opiniones y sugerencias, así como a la hora de realizar las pruebas. Se utiliza el estándar de codificación **UpperCamelCase**, lo que trae como consecuencia poner en mayúsculas la primera letra. (Administrator, 2014) (Administrador, 2017). Esto facilita el soporte y mantenimiento antes cambios. Además, se utilizaron diversos tipos de patrones que engloban buenas prácticas de programación y por consiguiente se obtienen mejores resultados.

2.3.1. Tareas de Ingeniería

Las tareas de ingeniería son un conjunto de actividades en las cuales, utilizando técnicas y herramientas, se analiza un problema y se concluye con la especificación de una solución. (Kolehmainen, 2003).

En el desarrollo de la solución se identificaron 26 tareas de ingeniería. Tabla 2.4, las cuales cuatro son de Modificación, una es de Corrección, una es de Mejora y 20 son de Desarrollo.

Tabla 2. 4 Resumen de las tareas de ingeniería. Fuente: Elaboración propia

Núm. Tarea	Cant. historias	Tipo de tarea	Nombre de la tarea
------------	-----------------	---------------	--------------------

CAPÍTULO # 2 PROPUESTA DE SOLUCIÓN

1	1	Desarrollo	Diseño de interfaz Acceso al sistema
2	1	Desarrollo	Adaptación de la Base de Datos para los Usuarios.
3	1	Desarrollo	Validar los usuarios en la base de datos.
4	1	Desarrollo	Histórico de accesos.
5	2	Desarrollo	Diseño de Interfaz de Usuario para la gestión de dispositivos móviles y de usuarios.
6	2	Desarrollo	Creación de la base de datos para guardar la gestión de dispositivos móviles y de usuarios.
7	2	Desarrollo	Validación y guardado de datos en gestión de usuarios y móviles.
8	12	Corrección	Cambios forma de guardar en base de datos
9	4	Desarrollo	Readaptar el listado por defecto que trae Android.
10	4	Desarrollo	Establecer ordenamiento lógico de las estaciones por su nombre.
11	2	Desarrollo	Interfaz de Usuario para la gestión de Alertas y Alarmas.
12	2	Modificación	Interfaz de Usuario para la gestión de Alertas y Alarmas_v2.
13	2	Desarrollo	Validar datos de gestión de alertas y alarmas.
14	2	Desarrollo	Guardar la gestión de las alertas y alarmas.
15	2	Desarrollo	Crear íconos para cada estación.
16	3	Desarrollo	Listar principales estaciones.
17	3	Modificación	Listar principales estaciones_v2.
18	3	Desarrollo	Listar las subestaciones.
19	1	Desarrollo	Gráfico de sensores prácticamente en tiempo real.
20	4	Mejora	Cambiar todos los íconos, de los listados a íconos redondeados, que se ajusten al color de fondo
21	1	Modificación	Gráfico de sensores prácticamente en tiempo real_v2.
22	1	Desarrollo	Gráfico histórico por estación.
23	12	Desarrollo	Crear pantalla de administración con acceso a todas sus funcionalidades.
24	3	Desarrollo	Acceso al rol usuario.
25	12	Modificación	Cambiar estilo de los botones
26	13	Desarrollo	Agregar comenzar/detener notificaciones

Las tareas de ingeniería desarrolladas condujeron al desarrollo de la aplicación. Dentro de las más significativas por su complejidad se describe, la Tarea 9 en la cual se desarrolla un listado adaptado a las necesidades de la aplicación el cual tenía que ser dinámico, es decir que en determinado momento

sirviera para mostrar un determinado tipo de estaciones y luego para otro. Se logró con la vista **Fila_Lista.xml** y la clase **LenguajeListAdapter** la cual hereda de **ArrayAdapter** y recibe como parámetros los arreglos con los valores que se deben mostrar independientemente del tipo de estación que sea, como se puede observar en las Figuras 2.10 y 2.11

```
public LenguajeListAdapter(Activity context, String[] itemname, Integer[] integers, String[] presion, String[] em,
    String[] caudal, String[] ncl, String[] nt, String[] nca, String[][] color) {
    super(context, R.layout.fila_lista, itemname);
    this.context = context;
    this.itemname = itemname;
    this.integers = integers;
    this.presion = presion;
    this.em = em;
    this.caudal = caudal;
    this.ncl = ncl;
    this.nt = nt;
    this.nca = nca;
    this.variablesF = new ArrayList<String[]>();
    this.color = color;
}
```

Figura 2. 10 Constructor de la clase LenguajeListAdapter. Fuente: Elaboración propia

A continuación, se puede observar una parte del método getView() de la misma clase donde se identifica el tipo de sensor, la estación a que pertenece y se le asigna un color en función de su estado. Figura 2.11

Otra de las tareas más importantes fue donde se reordenaron las variables del SCADA a una estructura lógica que siguiera cierto orden para entender por cada sub estación a que estación pertenece y las variables que son de ella y así mismo para las estaciones. Ver Tarea 10.

Otra de las tareas más complejas a desarrollar fue la referente a listar las principales estaciones, la cual se corresponde con la Tarea 16. En este desarrollo se interrelacionaron varios elementos como fueron el origen de datos (**Runtime**) y la lectura de la configuración de los valores óptimos para cada variable. Luego en función de esto se decidía el color del valor del sensor a mostrar y la imagen de la estación. Por la complejidad a la hora de consultar los datos se considera importante mostrar la Figura 2.12 donde se muestra como se accede a la base de datos para pedir los valores de los sensores.

```

public View getView(final int posicion, View view, ViewGroup parent) {
    LayoutInflater inflater = context.getLayoutInflater();
    View rowView = inflater.inflate(R.layout.fila_lista, null, true);
    TextView txtTitle = (TextView) rowView.findViewById(R.id.texto_principal);
    ImageView imageView = (ImageView) rowView.findViewById(R.id.icon);
    ImageView imageAccion = (ImageView) rowView.findViewById(R.id.imageAccion);
    ImageView historicoId = (ImageView) rowView.findViewById(R.id.historicoId);
    txtTitle.setText(itemname[posicion]);
    final String nombre = itemname[posicion];
    final String padre = presion[posicion];
    try {
        imageView.setImageResource(integers[posicion]);
    } catch (Exception e) {
        Toast.makeText(getContext(), e.getMessage(), Toast.LENGTH_SHORT).show();
    }
    String[] variables = new String[6];
    //-----para agregar dinamicamente-----
    LinearLayout ll = (LinearLayout) rowView.findViewById(R.id.idAgrego);
    //-----presion-----
    if (presion[posicion] != null) {
        // primer texto dinamico
        final TextView rowTextView = new TextView(getContext());
        rowTextView.setText("Presión: " + presion[posicion] + " m.c.u");
        LinearLayout.LayoutParams llp = new LinearLayout.LayoutParams(LinearLayout.LayoutParams.WRAP_CONTENT, LinearLayout.LayoutParams.WRAP_CONTENT);
        llp.setMargins(15, 0, 0, 0); // llp.setMargins(left, top, right, bottom);
        rowTextView.setLayoutParams(llp);
        rowTextView.setTypeface(null, Typeface.BOLD);
        try {
            if (color[posicion][0].equals("RED"))
                rowTextView.setTextColor(Color.RED);
            else if (color[posicion][0].equals("ORANGE"))
                rowTextView.setTextColor(Color.rgb(255,127,39));
            else if (color[posicion][0].equals("X"))
                rowTextView.setTextColor(Color.BLACK);
            else
                rowTextView.setTextColor(Color.rgb(34,177,76));
        } catch (Exception e) {
            rowTextView.setTextColor(Color.YELLOW);
        }
    }
    ll.addView(rowTextView);
    variables[0] = "Presion";
}

... Los demás sensores
return rowView;
}

```

Figura 2. 11 Método getView(). Retorna el elemento según sus valores. Fuente: Elaboración Propia

```

reset2 = stmt.executeQuery(" " +
    "SELECT DISTINCT SUBSTRING (a.TagName,0,CHARINDEX('_', a.TagName)) ," +
    "SUBSTRING ( a.TagName,CHARINDEX('_', a.TagName),40) ," +
    "a.TagName,a.[Value] " +
    "FROM ( SELECT DISTINCT TagName,[Value] " +
    "FROM History WHERE TagName NOT LIKE 'Sys%') a " +
    "ORDER BY a.TagName ASC");

```

Figura 2. 12 Consulta para obtener las principales estaciones. Fuente: Elaboración propia

Para el caso de las subestaciones, Tarea 18, se puede ver en la Figura 2.13, donde se recibe como parámetro la estación padre.

```

select = "select c.aa,c.c2, c.[Value], " +
        "c.TagName from ( SELECT DISTINCT SUBSTRING ( b.nom,0,CHARINDEX('_', b.nom)) as \"aa\"," +
        "b.c2,b.[Value], b.TagName FROM (SELECT DISTINCT SUBSTRING ( a.TagName,CHARINDEX('_', a.TagName) + 1," +
        "LEN(a.TagName)) AS \"nom\", SUBSTRING (a.TagName,CHARINDEX('_', a.TagName),40) AS \"c2\",[Value],\" +
        " a.TagName FROM History a WHERE TagName LIKE '" + var + "_%' ) b)c where c.aa <> '' and " +
        "\"c.aa <> 'Conductora' ORDER BY c.TagName ASC ";

```

Figura 2. 13 Consulta para obtener las sub estaciones. Fuente: Elaboración propia

Otra de las tareas más importantes y complejas fue la de obtener, lo más cercano posible a tiempo real el valor de los sensores por cada estación o sub estación como se observa en la Tarea 20. En la solución se utilizaron bibliotecas para graficar los valores mientras transcurría el tiempo. Se utilizó la clase **GraficoPozosActivity** la que utiliza la interfaz **GraficoPozos.xml** y usa las bibliotecas gráficas Mike Phil. Como se observa en la Figura 2.14 y usa además la clase **Timer** para actualizar cada cinco segundos el gráfico en cuestión.

```

<RelativeLayout xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    xmlns:tools="http://schemas.android.com/tools" android:layout_width="match_parent"
    android:layout_height="match_parent" android:paddingLeft="2dp"
    android:paddingRight="2dp"
    android:paddingTop="2dp"
    android:paddingBottom="2dp"
    tools:context="holausuario.epinanab.es.ultimo.GraficoPozosActivity">

    <TextView
        android:id="@+id/idActualizacion"
        android:layout_width="wrap_content"
        android:layout_height="wrap_content"
        android:layout_centerInParent="true"
        android:layout_gravity="center_vertical"
        android:text="Buscando datos..."
        android:textSize="18sp" />

    <com.github.mikephil.charting.charts.LineChart
        android:id="@+id/chart3"
        android:layout_width="fill_parent"
        android:visibility="invisible"
        android:layout_height="fill_parent" />

</RelativeLayout>

```

Figura 2. 14 Utilización de las bibliotecas Mike Phil para graficar. Fuente: Elaboración propia

2.4. Solución en imágenes

Como resultado se tiene el sistema desarrollado sobre plataforma móvil, el cual cuenta con dos roles, administrador y usuario, los cuales acceden a través de una pantalla de autenticación como se muestra en la Figura 2.15. El sistema verifica además de los datos de acceso la dirección Mac del dispositivo desde el cual se está accediendo al SCADA y la dirección IP. Todo en su conjunto tributa a un acceso

seguro, ya que para la empresa mantener esta información protegida de personas ajenas es de suma importancia.



Figura 2. 15 Autenticación. Fuente: Generadas por el Sistema

Ambos roles pueden listar las principales estaciones y sub estaciones y conocer su estado en todo momento. Ver Figura 2.16 y Figura 2.17. En estos listados se puede apreciar de un solo vistazo y rápidamente la situación actualizada de todas las estaciones y sub estaciones. Se muestra el uso del patrón Listas, y la facilidad con que se muestra la información al utilizarlo.

Para cada estación seleccionada se puede acceder al gráfico de sus variables, el cual se actualiza prácticamente en tiempo real y permite ver gráficamente cómo se comportan las variables por un período de tiempo. Ver Figura 2.18.



Figura 2. 16 Principales estaciones. Fuente: Generadas por el Sistema



Figura 2. 17 Listado de las sub estaciones. Fuente: Generadas por el Sistema

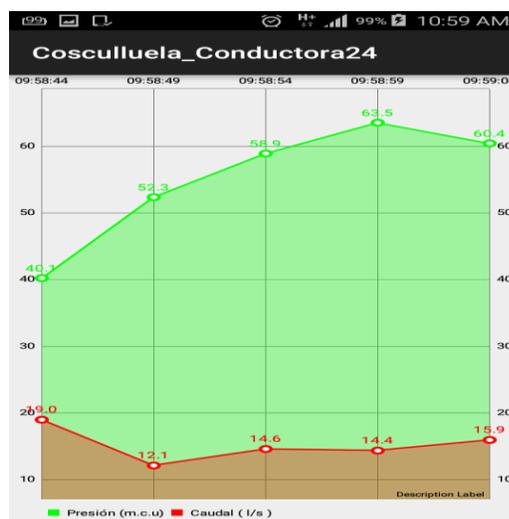


Figura 2. 18 Gráfico por estación Fuente: Generadas por el Sistema

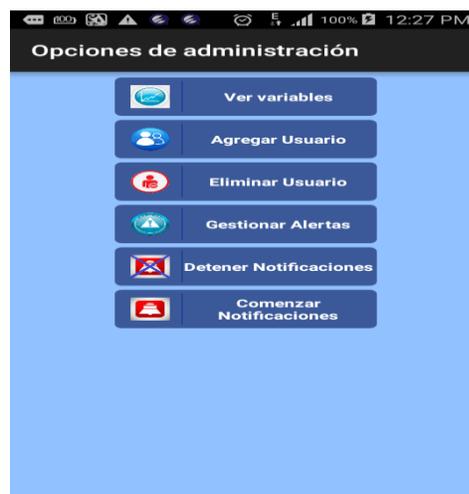


Figura 2. 19 Funcionalidades del Rol Administrador. Fuente: Generadas por el Sistema

Los administradores cuentan con una serie de funcionalidades para la gestión de los recursos del sistema. En la Figura 2.19 se pueden ver todas las funcionalidades a las cuales pueden acceder. Además, es posible consultar el histórico de las distintas variables, para ver cómo han evolucionado las mismas por determinada estación, permitiendo realizar predicciones que optimicen recursos. Permite la emisión (Ver Figura 2.20) y gestión (Ver Figura 2.21) de Alertas online. Además, el sistema permite enviar alarmas ante variaciones de las señales emitidas por los sensores fuera de lo normal, independientemente de si los usuarios están o no, físicamente delante de la aplicación en los móviles.



Figura 2. 20 Emisión de alarmas online. Fuente: Generadas por el Sistema



Gestión de Alertas				
Actualizado a las : 08:46:48				
Ariguanabo_Conductora_Presion.PV	29.00	A 30.00	Y 37.00	A 38.00
Ariguanabo_Pozo01_Presion.PV	0	A 0	Y 0	A 0
Cosc_Presion_Conductora_24.PV	0	A 0	Y 0	A 0
Cosc_Presion_Conductora_42.PV	0	A 0	Y 0	A 0
Cosculluela_Conductora24_Caudal.PV	0	A 0	Y 0	A 0
Cosculluela_Conductora24_Presion.PV	27.00	A 28.00	Y 39.00	A 40.00

Figura 2. 21 Listado gestión de alertas. Fuente: Generadas por el Sistema

Conclusiones parciales del Capítulo 2

Se considera que al utilizar correctamente la metodología XP y el conjunto de artefactos generados por la misma, se logró desarrollar exitosamente el sistema sobre plataforma móvil AGUAS_MOVIL, el cual cumple con las características existentes en la empresa Aguas de La Habana.

La arquitectura en capas, con el uso del MVP y la vinculación de todos los componentes, sobre la cual se desarrolla la solución, está actualizada y cumple con los estándares internacionales a seguir en el desarrollo, ya que incluye el uso de los patrones más representativos para este tipo de aplicaciones.

Con el uso del algoritmo AES, implementado internacionalmente a través de clases presentes en el lenguaje JAVA, se logra un nivel de cifrado que no está basado en el desconocimiento de cómo se cifra, sino en lo difícil de su descifrado con los medios actuales de cómputo, con lo cual se garantiza un nivel de seguridad aceptable en consonancia con las tendencias más aceptadas internacionalmente.

CAPÍTULO 3. VALORACIÓN ECONÓMICA, RESULTADOS Y VALIDACIÓN**Introducción**

En el presente capítulo se describen las pruebas de aceptación realizadas al software, los métodos de validación utilizados, IADOV, encuestas y W de Mann-Whitney, logrando operacionalizar las variables definidas.

Se realiza la valoración económica que se obtiene con la solución y el aporte social que presenta para la empresa Aguas de La Habana y su importancia en las condiciones actuales del país. Se observa como los resultados obtenidos se ajustan a los planes para el desarrollo sostenible de la sociedad cubana hasta 2030, el cual es el eje rector a seguir en el desarrollo de aplicaciones en Cuba.

3.1. Validación de los resultados

En las investigaciones cuantitativas, el investigador trata de controlar, a través de métodos físicos o estadísticos cualquier influencia extraña significativa sobre las variables de interés para el estudio. Tanto en la etapa de recolección de datos como en la evaluación de evidencias el investigador busca controlar la confiabilidad y la validez de los datos. (Espín Martí & Pilco Totoy, 2012)

Todo instrumento de recolección de datos debe resumir dos requisitos esenciales: validez y confiabilidad. Con la validez se determina la revisión de la presentación del contenido, el contraste de los indicadores con los ítems (preguntas) que miden las variables correspondientes. Se estima la validez como el hecho de que una prueba sea de tal manera concebida, elaborada y aplicada y que mida lo que se propone medir.

3.1.1. Pruebas de Aceptación para el nivel de funcionalidad

Son los métodos proporcionados por la metodología usada. De forma resumida se realizaron ocho pruebas de aceptación, como se muestra en la Tabla 3.1

Tabla 3. 1 Pruebas de aceptación realizadas. Fuente: Elaboración propia

No. de la Prueba	No. de Historia	Nombre de la Prueba
1	1	Acceso al sistema para ambos roles.
2	2, 7 y 9	Listar las estaciones, Emisión de Alarmas, Emisión de Alertas
3	3, 7 y 9	Listar las sub-estaciones, para ambos roles, Emisión de Alarmas, Emisión de Alertas
4	4	Gráfico de Sensores prácticamente en tiempo real
5	5 y 6	Gestión de dispositivos móviles y de usuarios del sistema.
6	8 y 10	Gestión de Alarmas, Gestión de Alertas

CAPÍTULO # 3 VALORACIÓN ECONÓMICA, RESULTADOS Y VALIDACIÓN

7	11	Histórico por estación.
8	12	Detener y comenzar notificaciones.

Las pruebas no arrojaron inconformidades, sus salidas coincidieron con los datos esperados por los especialistas. Con el desarrollo de estas pruebas se logró comprobar que el sistema desarrollado realmente cumplía las necesidades para lo cual fue realizado. Se culminaron las pruebas con muy buena valoración por parte de los usuarios, los cuales destacaron la rapidez con que les llegaba la información. Esto constituye el primer paso en el camino hacia la validación de los resultados a través de métodos científicos.

3.1.2. Utilizando IADOV para Índice de Satisfacción Grupal

Para conseguir el objetivo del presente trabajo, se utilizó la Técnica de IADOV para la evaluación de la satisfacción de los usuarios, teniendo en cuenta los postulados teóricos de Campistrous y Rizo (2006), cuando expresan que la técnica de criterio de usuarios debe usarse como vía para valorar resultados en aquellos casos en que los evaluadores son usuarios de lo que se propone, es decir que además de tener dominio del problema en estudio, están “contextualizados”, inmersos en el contexto en el que se aplica el resultado. En correspondencia con el criterio anterior, se seleccionaron un total de 20 trabajadores de la empresa, los cuales cuentan con años de experiencia en la producción de agua y resultados en su labor. Se consideran que tienen conocimientos en la gestión del agua. Dentro del conocimiento tácito, que es subjetivo, se destacan un grupo de personas, trabajadores de la empresa. Para efectos de este estudio, el conocimiento tácito se rescata del personal involucrado en las tareas de extracción, purificación y traslado de agua potable, por su experiencia en este sector. (Córdova Neira & Torres Navarro, 2014). La caracterización se presenta en la Tabla 3.2

Tabla 3. 2 Usuarios, años de trabajo y resultados. Fuente: Elaboración propia

Cargo	Años trabajo	Resultados principales	Experiencia
Sub Director Producción Agua	30	4 Eventos, 2 Pub., Ms C.	Si
J' Dpto. Producción Agua	20	2 veces trabajador más destacado	Si
Especialista Despacho 1	15		Si
Especialista Despacho 2	20		Si
Especialista Despacho 3	6	1 vez trabajador más destacado	Si
J' Dpto. Producción Cuenca	25		Si
J' Brigada 1 Cuenca	12		Si

CAPÍTULO # 3 VALORACIÓN ECONÓMICA, RESULTADOS Y VALIDACIÓN

J' Brigada 2 Cuenca	18		Si
J' Dpto. Producción Cosculluela	23	4 veces trabajador más destacado	Si
J' Brigada 1 Cosculluela	17		Si
J' Brigada 2 Cosculluela	5		Si
J' Dpto. Producción Ariguanabo	21	3 veces trabajador más destacado	Si
J' Brigada 1 Ariguanabo	16		Si
J' Brigada 2 Ariguanabo	7		Si
J' Dpto. Producción Vento	6	1 vez trabajador más destacado	Si
J' Brigada Vento	7		Si
J' Brigada 2 Vento	4		Si
J' Dpto. Producción Cotorro	20		Si
J' Brigada 1 Cotorro	12	1 vez trabajador más destacado	Si
J' Brigada 2 Cotorro	7		Si

El procedimiento de selección de la muestra para determinar la distribución de esta con respecto a la población, fue de tipo no probabilística, intencional, que permitió seleccionar directa y explícitamente los sujetos que se consideraron más accesibles y con posibilidades de ofrecer mayor cantidad de información. (Castro Fabre & López Padrón, 2014) (López Rodríguez & González Maura, 2002)

El cuestionario cuenta con 9 preguntas, ver Anexo 1, cuya relación los consultados ignoran. La fórmula planteada, Ver Ecuación 3.1, identifica 7 variables las cuales se enumeran a continuación.

$$ISG = \frac{A (+1) + B (+0.5) + C (0) + D (-0.5) + E (-1)}{N}$$

Ecuación 3. 1 Índice de satisfacción Grupal. Fuente: (Castro Fabre & López Padrón, 2014)

En esta fórmula A, B, C, D, E, representan el número de sujetos con índice individual 1; 2; 3 o 6; 4; 5 respectivamente y donde N representa el número total de sujetos del grupo. Estos datos se obtienen del cuadro lógico de IADOV, ver Figura 3.1

Para obtener el índice de satisfacción grupal (ISG) se trabaja con los diferentes niveles de satisfacción que se expresan en la escala numérica que oscila entre +1 y - 1.

Los valores que se encuentran comprendidos entre - 1 y - 0,5 indican insatisfacción.

Los comprendidos entre - 0,49 y + 0,49 evidencian contradicción, aunque si el rango cae entre los valores -0.49 y -0.01 entonces se considera más insatisfecho que satisfecho, si es 0 está no definido o contradictorio y si está entre 0.01 y 0.49 se considera más satisfecho que insatisfecho;

Si el rango cae entre 0,5 y 1 indica que existe satisfacción.

	⁶ ¿Le es difícil, se siente incómodo o no está satisfecho con la nueva herramienta AGUAS_MOVIL?								
	NO			NO SÉ			SI		
⁷ ¿Le gusta la nueva versión AGUAS_MOVIL para realizar su trabajo?	³ Si pudiera escoger entre la nueva versión AGUAS_MOVIL o mantenerse por la vía antigua. ¿Escogería la nueva versión?								
	Si	No sé	No	Si	No sé	No	Si	No sé	No
Me gusta mucho	1	2	6	2	2	6	6	6	6
No me gusta tanto	2	2	3	2	3	3	6	3	6
Me da lo mismo	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Me disgusta más de lo que me gusta	6	3	6	3	4	4	3	4	4
No me gusta nada	6	6	6	6	4	4	6	4	5
No se que decir	2	3	6	3	3	3	6	3	4

Figura 3. 1 Cuadro lógico de IADOV. Fuente (López Rodríguez & González Maura, 2002)

La encuesta desarrollada consta de 9 preguntas, de ellas las 3 cerradas (3, 6 y 7), se utilizarán para medir el índice de satisfacción grupal. Consta también de dos preguntas abiertas para pedir información relativa a mejoras (8 y 9). Las demás preguntas se utilizarán para medir otros indicadores también importantes enfocados principalmente a saber la frecuencia con que usan el sistema, su experiencia etc.

Según la encuesta aplicada a los 20 trabajadores, se obtuvo la siguiente secuencia: 18 de los encuestados alcanzaron uno en el cuadro lógico de IADOV y los dos restantes alcanzaron un dos cada uno. Por lo que aplicando la fórmula se obtuvo un índice de satisfacción grupal de 0.95 y se puede concluir que los clientes están satisfechos con la solución desarrollada.

3.1.3. Encuesta para determinar el Nivel de Gestión alcanzado

Se le aplicó una encuesta, ver Anexo 3, para validar el nivel de gestión alcanzado con el desarrollo de la solución. Esta encuesta se le aplicó a un grupo de personas seleccionadas por su experiencia, Ver Tabla 3.2. Esta encuesta se aplicó antes de implantar el sistema desarrollado sobre dispositivos móviles y luego de implantado se volvió a aplicar, para valorar los distintos niveles de gestión alcanzados.

Los resultados arrojaron que, en la primera encuesta, para las 20 personas elegidas, el nivel de gestión promedio fue de 6 Si y 6 No, lo que asumiendo los Sí por unos, y los No, por ceros nos da un total de seis puntos que, aplicando la clasificación descrita en la operacionalización de las variables, ver Tabla 3.3, da una calificación de Medio. Por lo que se puede afirmar que el nivel de gestión del SCADA antes de implantado el sistema era un nivel Medio.

Cuando se aplica la encuesta, luego de implantado el sistema los resultados arrojan un promedio de 12 puntos, lo que, aplicando la misma clasificación, se tiene un nivel de gestión Muy Alto.

Como se puede observar hay un aumento del nivel de gestión luego de aplicada la solución sobre dispositivos móviles.

3.1.4. Validando tiempo de aviso con Mann-Whitney

Una población está determinada por sus características definitorias. Por lo tanto, el conjunto de elementos que posea esta característica se denomina población o universo. Población es la totalidad del fenómeno a estudiar, donde las unidades de población poseen una característica común, la que se estudia y da origen a los datos de la investigación. Es el conjunto de unidades (personas, empresas, familias, etc.) de las cuales se desea obtener información. Para el caso de esta investigación, se parte de 200 pozos de extracción de agua que existen en la empresa Aguas de la Habana. Por cada uno de estos pozos se controlan hasta 6 variables distintas por lo que la cantidad de variables a controlar puede llegar hasta las 1200, constituyendo la población.

Se identificaron 3 variables, una independiente y dos dependientes. Ver Tabla 3.3

La medición se llevó a cabo durante dos meses, un mes antes de instalado el sistema y un mes después de instalado. Durante el primer mes de las pruebas, donde todavía el sistema nuevo no estaba en funcionamiento se produjeron un total de 77 alarmas. De ellas, concurrentemente, o muy cercanas en el tiempo, se tuvieron 13, desglosadas en 5 grupos de 2 alarmas concurrentes y un grupo de 3 alarmas concurrentes. El tiempo de demora del aviso promedio a los decisores por las 64 alarmas aisladas fue de 8.6 minutos. Por su parte para las 13 concurrentes el tiempo de aviso promedio se alargó a 18.4 minutos. Como resultado se obtuvo un tiempo perdido total en ese mes de 841 minutos lo que representan 14 horas aproximadamente.

Luego de implantado el sistema AGUAS_MOVIL y durante el mes donde se midieron los tiempos de aviso se tuvieron un total de 72 alarmas. De ellas concurrentemente se tuvieron 14, divididas en cuatro grupos de dos alarmas concurrentes y dos grupos de tres alarmas concurrentes.

De las 58 alarmas aisladas el tiempo de aviso como promedio fue de 7 segundos aproximadamente. Para las concurrentes el tiempo se mantuvo en los 7 segundos. Se tuvo como resultado que en ese mes el tiempo de demora del aviso fue de 8.4 minutos u 0.14 horas. Ver Tabla 3.4

El tamaño de las muestras se obtiene de la Ecuación 3.2, donde se tiene que ambas muestras seleccionadas cumplen, en tamaño, con la cantidad de elementos mínimos necesarios para poder realizar análisis estadísticos.

$$n = \frac{N * Z_{\alpha}^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z_{\alpha}^2 * p * q}$$

Ecuación 3. 2 Fórmula para el cálculo del tamaño de las muestras. Fuente: (Herrera Castellanos, 2011)

Se realiza la prueba estadística W de Shapiro-Wilk para determinar la normalidad de los datos de A. Ver Figura 3.2, Figura 3.3 y Tabla 3.5. (Para el cálculo de todos los métodos estadísticos se utiliza STATGRAPHICS Centurión versión 15.2.14).

Ajuste de Datos No Censurados - A (B)

Datos/Variable: A

Selección de la Variable: B

72 valores con rango desde 300.0 a 1020.0

Tabla 3. 3 Matriz de operacionalización de las variables. Fuente: Elaboración propia

Nom- bre	Tipo	Definición Conceptual	Di- men- sio- nes	Indicadores	Items
Siste- ma de ges- tión sobre plata- forma móvil	Cua- lita- tiva	Es el sistema desarrollado, la aplicación que está en los móviles de los especialistas, directivos o decisores. Debe ser capaz de conectarse por GPRS y gestionar los datos de las alertas, alarmas, usuarios y equipos, así como emitir las notificaciones correspondientes.	No tiene	-Proteger la información -Interfaz Amigable -Afecta al SCADA -Agrupamiento dinámico de estaciones. -Sencillez en el uso. -Gestión de alertas y alarmas -Gestión de usuarios y equipos -Gestión de Notificaciones -Permite graficar	-Muy alto -Alto -Medio -Bajo -Muy bajo
Tiemp o de aviso	Cuan- tita- tiva	Es el tiempo transcurrido desde el momento en que se genera una alarma o alerta hasta el momento en que le llega la notificación del problema al celular del director, especialista o decisor.	No tiene	- Tiempo de aviso de alarmas o alertas de presión. - Tiempo de aviso de alarmas o alertas de caudal. - Tiempo de aviso de alarmas o alertas de estado de motores - Tiempo de aviso de alarmas o alertas de concentración de cloro - Tiempo de aviso de alarmas o alertas de nivel de canales - Tiempo de aviso de alarmas o alertas de nivel de tanque	(Segundos) Muy Bueno: 0 a 10 Bueno: 11 a 60 Medio: 61 a 240 Malo: más de 241

Nivel de gestión de Alarmas y Alertas	Cualitativa	Son las posibilidades de gestión que brinda la aplicación, que parte desde la inserción automática de las variables a modificar, hasta la modificación y eliminación de las mismas.	No tiene	-Modificar las variables de los sensores en el Puesto de Mando o Telecontrol	-Muy alto 10 a 12
				-Eliminar las variables de los sensores en el Puesto de Mando o Telecontrol	-Alto 8 a 9
				-Insertar las variables de los sensores en el Puesto de Mando o Telecontrol	-Medio 6 a 7
				-Modificación de los usuarios y/o equipos con acceso al SCADA desde el Puesto de Mando o Telecontrol	-Bajo 4 a 5
				-Eliminación de los usuarios y/o equipos con acceso al SCADA desde el Puesto de Mando o Telecontrol	-Muy bajo 0 a 3
				-Inserción de los usuarios y/o equipos con acceso al SCADA desde el Puesto de Mando o Telecontrol	Puntos
				-Modificación de las variables de los sensores fuera del telecontrol o puesto de mando	
				-Eliminación de las variables de los sensores fuera del telecontrol o puesto de mando	
				-Inserción de las variables de los sensores fuera del telecontrol o puesto de mando.	
				-Modificación de los usuarios y/o equipos con acceso al SCADA fuera del telecontrol o puesto de mando.	
	-Eliminación de los usuarios y/o equipos con acceso al SCADA fuera del telecontrol o puesto de mando				
	-Inserción de los usuarios y/o equipos con acceso al SCADA fuera del telecontrol o puesto de mando				

Tabla 3. 4 Listado de muestras en segundos. Fuente Elaboración Propia

Antes (A)	Después (B)
540	7
600	8
480	6
360	6
300	6
360	7
420	6
820	8
940	8
680	7
540	6
420	7
920	8
780	8
960	7
540	7
770	7
660	6
840	8
600	7
600	8
790	7
880	6
800	7
540	7
820	7
540	7
800	7
540	8
540	7
600	7

CAPÍTULO # 3 VALORACIÓN ECONÓMICA, RESULTADOS Y VALIDACIÓN

420	7
540	7
480	7
480	8
600	6
540	7
600	6
420	8
480	8
840	7
1020	7
980	7
720	8
904	8
834	5
740	6
852	7
720	7
540	8
720	7
610	6
300	7
540	8
720	7
830	6
660	6
540	6
540	8
426	7
540	6
420	8
420	7
920	7
780	8

960	8
540	6
770	6
660	7
840	8
600	6
600	7
790	
880	
800	
540	
820	

Tabla 3. 5 Distribuciones Ajustadas. Fuente: Elaboración propia

Normal
media = 647.583
desviación estándar = 180.517

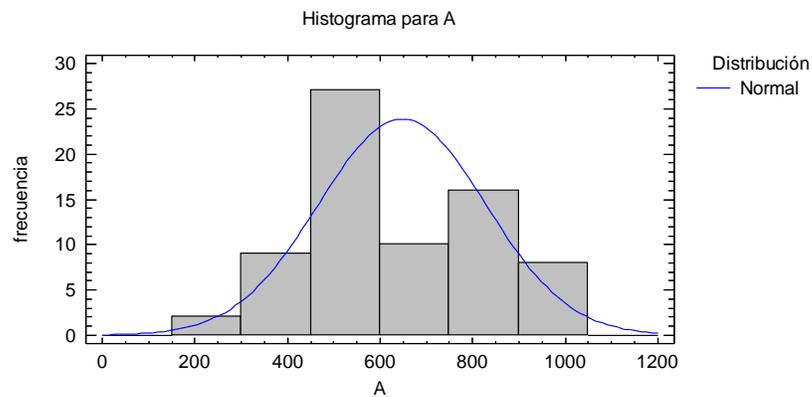


Figura 3. 2 Gráfica de Histograma para la muestra A. Fuente: Elaboración propia

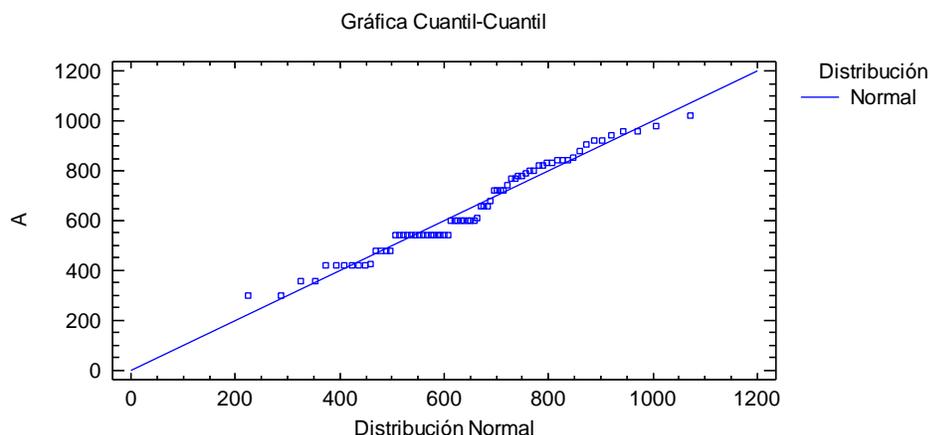


Figura 3. 3 Gráfica Cuantil-Cuantil para la muestra A. Fuente: Elaboración propia

Este análisis muestra los resultados de ajustar una distribución normal a los datos de A. Curva de Gauss o curva de normalidad. Una curva de distribución normal debe ser simétrica y descendente a partir de la media (punto mayor), lo cual no ocurre.

La Tabla 3.6 muestra los resultados de aplicar la prueba de Shapiro-Wilk, la cual está basada en la comparación de los cuantiles de la distribución normal ajustada a los datos. Debido a que el valor-P más pequeño de las pruebas realizadas es menor a 0.05, se puede rechazar la idea de que A proviene de una distribución normal con 95% de confianza.

Tabla 3. 6 Pruebas de Normalidad para A. Fuente: Elaboración propia

Prueba	Estadístico	Valor-P
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0.949455	0.013878

En la Figura 3.3 la línea continua representa la normalidad teórica y los puntos son los valores reales agrupados alrededor de ella. Entre más cercanos estén los puntos de la línea, mayor la posibilidad de que la muestra tenga distribución normal.

Tanto la curva de normalidad, Figura 3.2, como la gráfica Q-Q, Figura 3.3, requieren interpretación, la cual puede ser subjetiva. Por ese motivo se calculan otros estadísticos como el sesgo y la curtosis. Para determinar normalidad, ambos valores deben estar en ± 0.5 . Si cualquiera de los dos valores, ya sea el sesgo o la curtosis, están fuera del rango de ± 0.5 , se asume que la muestra está sesgada y, por lo tanto, tiene una distribución distinta a la normal, es decir, es de libre distribución. Ver tabla 3.7

Tabla 3. 7 Sesgo y Curtosis estandarizados. Fuente: Elaboración propia.

Sesgo Estandarizado	0.270805	-0.661807
Curtosis Estandarizada	-1.69934	-1.32656

Ninguna de las dos muestras se ajusta a la distribución Normal, así que no se pueden comparar las medias mediante la prueba T-Student. Hay que aplicar una prueba no paramétrica, la de Mann-Whitney, que compara las Medianas de ambas muestras. Es así que se tiene:

Comparación de Medianas:

- Mediana de muestra 1: 600,0
- Mediana de muestra 2: 7,0

Prueba W de Mann-Whitney (Wilcoxon) para comparar medianas

- Hipótesis Nula: mediana1 = mediana2
- Hipótesis Alternativa: mediana1 \neq mediana2

Rangos Promedio:

- Rango Promedio de muestra 1: 111,0
- Rango Promedio de muestra 2: 36,5

W = 0,0 valor-P = 0,0

Regla de decisión: Si valor-P \leq 0,05 se rechaza Ho, por lo que:

- Se rechaza la hipótesis nula para alfa = 0,05.

Al realizar la prueba W de Mann-Whitney se comparan las medianas de las dos muestras. Esta prueba se construye combinando las dos muestras, ordenando los datos de menor a mayor, y comparando los rankeos promedio de las dos muestras en los datos combinados. Debido a que el valor-P es menor que 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medianas con un nivel de confianza del 95,0%.

Si se comparan los tiempos perdidos entre un mes y otro (14 horas con 0.14 horas) se obtiene que con la implantación y explotación del sistema AGUAS_MOVIL el tiempo de aviso a los directivos, decisores y directivos se redujo en un 99 %.

3.2. Ahorro de tiempo

Anteriormente, cuando existía algún problema, que demandara la toma de decisiones rápida y oportuna, siempre había un tiempo de demora entre el momento de detectar el problema por parte del controlador en el puesto de mando y el momento en que se enteraba el decisor o directivo encargado de solucionarlo. Este tiempo es variable entre una interrupción y otra y dependía del factor humano, ya que había que localizar a la persona y en otras ocasiones no se podía localizar y había que tomar decisiones sin consultarlas previamente. Con las alertas y alarmas concurrentes el tiempo de aviso se disparaba a límites altos ya que era solo una persona la encargada del aviso y lo debía hacer secuencialmente.

Con la solución planteada los directivos y decisores que cuenten con la aplicación en sus móviles se enteran automáticamente de todas las afectaciones que ocurran en las estaciones,

independientemente del lugar donde se encuentren o el nivel de concurrencia. En estas notificaciones les llega toda la información necesaria para tomar la decisión que le corresponda. En caso de que requirieran más información, desde la propia aplicación se pueden conectar y ver lo que necesiten para dar las orientaciones pertinentes.

Se realizó una medición de los tiempos de demora del aviso a los directivos, decisores y especialistas durante un mes y se obtuvo que hubo una demora de 841 minutos lo que equivale a 14 horas aproximadamente en 77 alarmas ocurridas. Por la nueva vía, al otro mes de implantado el sistema, se obtuvo un tiempo de demora total de 8.4 minutos o 0.14 horas en 72 alarmas generadas. Estos datos lo aportaron los trabajadores del puesto de mando, sin los criterios necesarios para catalogarlo como experimento, que requiere la manipulación intencional de una o más variables, entre otros, (Universidad Colima, 2017), pero brindan una aproximación del comportamiento de la demora de los tiempos de aviso antes de implantado el sistema y luego de implantado.

- **Primera conclusión parcial:** La empresa perderá menos tiempo en realizar tareas rutinarias. En un mes de pruebas se obtuvo un ahorro de 13.86 horas.

3.3. Ahorro de recursos económicos

En este sentido la solución brinda ahorros ya que cuando ocurren averías en las conductoras, que demanden detener el flujo de agua, toda el agua que se está botando tiene un costo de extracción y bombeo que sencillamente se está derrochando. Mientras más se pueda acortar ese período de tiempo menos gastos en este sentido tendrá la empresa en combustible, corriente y costo de producción de agua además de la depreciación que sufren los equipos tanto de extracción como de traslado de personal cuando es necesario realizarlo. La solución desarrollada, al disminuir el tiempo de aviso, ante situaciones de alertas y alarmas, y brindar toda la información necesaria de la estación en cuestión, favorece la oportuna toma de decisiones, ya que el tiempo de respuesta se puede acortar y por consiguiente se derrocharán menos recursos.

En la empresa se cuenta con varios modelos de motor y de bombas, dentro de los más usados se tienen los de la marca SIEMENS y GRUNDFOS, según valores ofrecidos por especialistas de producción de Aguas.

Con fines del cálculo de cuánto se podría ahorrar por concepto de dejar de consumir equipos altos consumidores de electricidad, se tomarán como ejemplo dos equipos, uno de los cuales está dentro de los más consumidores y otro que está dentro de los menos consumidores.

En la estación de Loma del Cielo se tienen dos pozos, el primero está equipado con un modelo de la bomba 150/400 marca SIEMENS con el número IEC-60034-1 como modelo del motor, el cual trabaja durante 18 horas al día y debe subir el agua una altura de 60 metros con un caudal de 160 L/s (Litros

por segundo). Este primer pozo trabajando óptimamente tiene un consumo de electricidad de 268 KW/H.

El segundo pozo de esta estación tiene como modelo de la bomba el HS200-150-381/377, marca GRUNDFOS tanto para la bomba como para el motor y tiene un caudal de 200 L/s. Este también debe trabajar durante 18 horas y tiene que elevar el agua una altura de 60 metros. Este pozo trabajando óptimamente tiene un gasto energético de 301 KW/H.

Los consumos de electricidad de todos los pozos de la empresa varían en función del caudal del pozo, la altura a la que se debe elevar el agua, el tipo y marca de motor y la bomba, además del estado técnico que tengan, pero a juicio de los especialistas de la empresa, estos dos pozos cumplen con ser ejemplos de los más consumidores y menos consumidores de los que se tiene.

Durante los dos meses de análisis, el tiempo perdido de 13.86 horas, entre un mes y otro, representa un gasto en electricidad para el primer pozo de 268 KW/H un total de 3714.48 KW. Para el segundo pozo que tiene un gasto de 301 KW/H representa un consumo de 4171.86 KW.

Según el documento UC-CG 0004, revisión 08 de 32 páginas, entregado por la Unión eléctrica (UNE) y la Resolución del Ministerio de Finanzas y precios (MFP) No. 291 del 27 de octubre del 2010, que aprobó la tarifa a aplicar a consumidores del sector residencial extranjero, el importe a pagar se calcula en función de un valor K entregado por la UNE que varía mensualmente y los horarios en que fueron consumidos:

Por cada kW h consumido en el horario pico:

$(0.048 \text{ \$/kW h} * K + 0.0342 \text{ \$/kW h}) * \text{Consumo pico en kW h}$

Por cada kW h consumido en el horario del día:

$(0.024 \text{ \$/kW h} * K + 0.0342 \text{ \$/kW h}) * \text{Consumo día en kW h}$

Por cada kW h consumido en el horario de la madrugada:

$(0.016 \text{ \$/kW h} * K + 0.0342 \text{ \$/kW h}) * \text{Consumo madrugada en kW h}$

Además, se tienen en cuenta otros factores como son la presencia o no de un banco de transformadores en la estación, el factor de potencia, etc.

Para el ejemplo solamente se aplicará el cálculo de la fórmula asumiendo que los valores de los demás factores que intervienen en el cálculo del costo están en parámetros óptimos y no representan ni costos adicionales ni bonificaciones.

Se asume $K=3.1886$ que fue el valor del mes estudiado, se tiene:

El consumo de 3714.48 KW para el horario pico representa un costo de:

$(0.048 * 3.1886 + 0.0342) * 3714.48 = \696.00 MN.

El consumo de 2918.52 KW para el horario de día representa un costo de:

$(0.024 * 3.1886 + 0.0342) * 3714.48 = \411.30 MN.

El consumo de 2918.52 KW para el horario de la madrugada representa un costo de:

$(0.016 * 3.1886 + 0.0342) * 3714.48 = \316.53 MN.

Para el caso del segundo motor con consumo de 4171.86 kW representarían costos de \$781.20 MN, \$461.94 MN o \$355.52 MN respectivamente.

- **Segunda conclusión parcial:** Según motores y bombas estándares de la empresa los consumos de 3714.48 KW y 4171.86 KW en 13.86 horas de trabajo, pueden llegar a representar hasta \$696.00 MN y \$781.20 MN respectivamente.

En el período analizado se realizaron 5 viajes al día como promedio en una distancia media de 10 km. $10 \text{ km} * 5 \text{ viajes} * 30 \text{ días} = 1500 \text{ km recorridos.}$

En cuanto a la depreciación de las motos se utilizan 3 motos distintas, con una depreciación constante de 17.90 c/u. $* 30 \text{ días} = 3 * 17.9 * 30 = 1611 \text{ CUC mensuales.}$

Esos 1500 Km recorridos al precio actual de la gasolina (0.98 centavos/litro) representa:

$1500 \text{ km} / (80 \text{ km/litro}) = 18.75 \text{ litros} = 18.37 \text{ CUC mensuales. Ver tabla 3.8}$

Tabla 3. 8 Comparativa de costos. Fuente: Elaboración propia.

	km recorridos	Costo CUC moto BAJAJ (80 km/Litro)	Depreciación moto.
Vía actual	1500	18.5 L = 18.37 CUC	1611 CUC mensual
Nueva vía	0	0	0

- **Tercera conclusión parcial:** La empresa ahorrará más de 18 CUC mensual por concepto de combustible y se ahorrará 1611.00 CUC solo por concepto de depreciación de las motos.

3.3.1. Ahorro por llamadas telefónicas vs tarifa GPRS

Para determinar cuántas llamadas se realizan diariamente por concepto del SCADA, sus alertas y alarmas se consultó en el despacho con los especialistas allí presentes, y se realizó un estudio por 30 días donde se anotaban diariamente las llamadas realizadas, su duración y vía. Luego de este estudio se llegó a la conclusión, de que, como promedio, se realizan 20 llamadas locales, 10 a provincia, 40 por Trunking y 20 por celular.

Para las llamadas locales:

Asumiendo 0.08 centavos de CUC el minuto de llamada local, realizando 20 llamadas que duran en total 20 minutos = $0.08 * 20 * 30 \text{ días} = 48 \text{ CUC mensual.}$

Para las llamadas a provincia:

Asumiendo 0.30 centavos de CUC el minuto de llamada a provincia, realizando 10 llamadas con duración total de 10 minutos = $0.30 * 10 * 30 \text{ días} = 90 \text{ CUC mensual.}$

Para el caso de las llamadas por *Trunking*:

Asumiendo 0.25 centavos de CUC el minuto de llamada, realizando 40 llamadas que duran en total 40 minutos = $0.25 * 40 * 30 \text{ días} = 300 \text{ CUC mensual.}$

Para el caso de las llamadas por celular:

Asumiendo 0.35 centavos de CUC el minuto de llamada, realizando 20 llamadas que duran en total 20 minutos = $0.35 \times 20 \times 30 \text{ días} = 210 \text{ CUC mensual}$.

Por la nueva vía no habría gastos por este concepto, pero incorporaría otros gastos por conceptos de tráfico GPRS. Existen varios planes promocionados por ETECSA para adaptar las transferencias de datos a esos planes. En Aguas de La Habana hay 25 tarjetas de este tipo ajustadas al plan P050. Ver Tabla 3.9 y Tabla 3.10

Tabla 3. 9 Planes ofertados por ETECSA. Fuente: (ETECSA, 2016)

Paquetes	Volumen Incluido	Precio del Plan	Precio Volumen Adicional
P015	15 MB	5 CUC	0.50 CUC/MB
P050	50 MB	15 CUC	0.50 CUC/MB
P120	120 MB	30 CUC	0.50 CUC/MB
P500	500 MB	60 CUC	0.50 CUC/MB
P1GB	1 GB	80 CUC	0.50 CUC/MB

Tabla 3. 10 Costo de la telefonía vs GPRS. Fuente: Elaboración propia.

	Locales. Cableada	Provincia. Cableada	Trunking	Móvil	GPRS
Vía actual	48	90	300	210	0
Nueva vía	0	0	0		375

- **Cuarta conclusión parcial:** La empresa dejará de invertir 648 CUC mensuales en llamadas telefónicas e invertirá 375 CUC mensuales en costo de tráfico GPRS, por lo que tendrá un ahorro de 273 CUC mensuales.

Nota: Estos precios de GPRS están basados en las tarifas de ETECSA del año 2017. A partir del 1ro de enero del 2018 ETECSA está aplicando una tarifa mucho más económica donde cambian los planes en precio y volumen de tráfico por lo que los costos disminuyen aún más. Estos planes aún no están publicados en su página oficial pero ya la empresa fue notificada sobre los mismos.

3.3.2. Costos de desarrollo vs comprarlo

La empresa tiene su forma de calcular los costos de desarrollo de software y no utiliza los costos de estimación proporcionados por estándares internacionales como COCOMO entre otros y está dado principalmente por las particularidades de Cuba, la dualidad monetaria existente, además de que los costos calculados por esta vía la empresa considera que se ajustan más a la realidad, ya que cuenta con un departamento de soporte, mantenimiento y desarrollo de software que es parte de la misma y no formando un ente independiente al cual habría que pagarle un extra en función de las ganancias

CAPÍTULO # 3 VALORACIÓN ECONÓMICA, RESULTADOS Y VALIDACIÓN

que supondría el desarrollo por una empresa extranjera. Algunos de los costos del desarrollo de los sistemas la empresa los cubre con servicios que brinda a sus mismos trabajadores como es el caso del costo por el acceso a internet, entre otros.

La fórmula que se aplica en el departamento es la siguiente:

$$\text{Costo} = \sum ((\text{Salario MN}) + (\text{Depreciación PC MN}) + (\text{tarjeta comedor MN}) + (\text{consumo eléctrico MN}) + (\text{estimulación CUC Convertida a MN})) i * (\text{Tiempo del Proyecto})$$

Como se puede ver no se tienen en cuenta la complejidad del proyecto, ni la cantidad de líneas de código, ni otros muchos factores presentes en los estándares internacionales. Para la empresa todos estas “complejidades” y “líneas de código” están comprendidas en el salario a sus trabajadores y en el tiempo de desarrollo del mismo.

Partiendo de la fórmula anterior se tiene que las variables significan:

i: Cantidad de trabajadores que formen parte del proyecto.

(Salario MN): Salario del trabajador i-ésimo en moneda nacional.

(Depreciación PC MN): Es la depreciación que sufre la PC del trabajador i-ésimo mensual.

(Tarjeta comedor MN): Costo para la empresa del pago de la tarjeta de comedor mensual del trabajador i-ésimo.

(Consumo eléctrico MN): Costo del consumo eléctrico en el mes del trabajador i-ésimo.

(Estimulación CUC Convertida a MN): Estimulación del trabajador i-ésimo en el mes, convertida a moneda nacional a los precios de CADECA.

(Tiempo del Proyecto): Representa el tiempo de duración del proyecto.

En este caso el proyecto lo realizó directamente un compañero, el cual tuvo consultantes, y ayuda de otros, pero en sentido general fue uno solo. Por lo que:

$$i = 1$$

(Salario MN): \$1300.00

(Depreciación PC MN): \$323.39

(Tarjeta comedor MN): \$39.00

(Consumo eléctrico MN): $0.1 \text{ kWh} * 8 \text{ horas} * 24 \text{ días} = 19.2 \text{ KW} * 0.09 = \1.78

(Estimulación CUC Convertida a MN): $13 * 25 = \$325.00$

(Tiempo del Proyecto): 12 meses.

$$\text{Costo} = (1300 + 323.39 + 39 + 1.78 + 325) * 12 = 1989.17 * 12 = \$23870.04 \text{ MN}$$

$$\text{Costo CUC} = \text{Costo} / 25 = 954.8 \text{ CUC}$$

Si se decide comprar uno a la medida de las necesidades de la empresa Aguas de La Habana, se podría contratar a la empresa Mexicana Isocrom Systems. **(Soporte, 2018)**. Según investigación esta empresa cotiza en base a la cantidad de trabajo o tiempo de desarrollo que se requiere para entregar el proyecto según las especificaciones del cliente, y en la complejidad de dichas especificaciones, para

un proyecto pequeño y mediano, de una a cuatro semanas de desarrollo, por lo general tienen un costo de entre \$20,000 y \$80,000, mientras que proyectos grandes y complejos que requieran de varios meses de desarrollo pueden llegar a costar \$160,000 por cada mes de desarrollo. Proyectos urgentes o con estrictas fechas de entrega tendrán un costo más elevado de lo normal.

Si se estima que el desarrollo de esta implementación costaría por un tercero aproximadamente \$20 000 CUC mensual, el costo aproximado del proyecto en 12 meses de trabajo, estaría en el orden de los \$240 000 CUC. Además, el soporte para el desarrollo requerido sería a partir de los 3000 CUC mensuales.

En una **comparativa de desarrollo** \$240 000 CUC (tercero) - \$954.8 CUC (propio) = **\$ 239045.2 CUC**. Estos datos se obtuvieron de sendas entrevistas aplicadas a la Subdirectora del Dpto. de Soporte Mantenimiento y Desarrollo de nuevas aplicaciones, Lic. María de los Ángeles Rabanillo y al Subdirector de Producción de Agua, Ms. Osvaldo Gómez Mandina. Ver Anexo 2

- **Quinta conclusión parcial:** Se ahorrarían **\$ 239 045.2 CUC** en el desarrollo de la solución a la medida y al menos **3000 CUC** mensuales por mantenimientos.

3.4. Resultados y Discusión

Con el sistema desarrollado se obtuvo una serie de aportes y resultados. La empresa Aguas de La Habana cuenta con sistema más integral de toma de decisiones, que permite ahorrar recursos económicos, humanos y de tiempo. Con el desarrollo de la aplicación en los dispositivos móviles se logra complementar el SCADA presente en la empresa y las decisiones tomadas por los directores y decisores tienen base en los datos reales del proceso vistos de forma inmediata en el lugar en el que se encuentren. Se logra tener un control automático de las variables presión, caudal, nivel de tanque, nivel de los canales, concentración de cloro y estado de los motores. Todo lo anterior se logró además ahorrando recursos económicos, tan importantes para la empresa. Se logran además una serie de ventajas nada despreciables y un aporte social muy importante para los recursos humanos.

De forma resumida se pueden agrupar en los siguientes:

- **Independencia tecnológica:** Al desarrollar el sistema por parte del equipo de desarrollo de la empresa se logra una mayor autonomía, necesaria en las condiciones actuales en que se encuentra Cuba. Ya la empresa trazó el camino a seguir que sería culminar la actualización del SCADA y sobre este se harán todos los desarrollos necesarios.
- **Herramienta de apoyo a la toma de decisiones:** Al lograr llevar toda la información necesaria oportunamente a los decisores y directivos para que tomen la decisión en tiempo.
- **Ahorro de recursos económicos, humanos y de tiempo:** Anteriormente se gastaban recursos económicos al llamar por teléfono. Con la nueva solución se gasta por concepto de GPRS, pero en valores menores que aportan ahorro. Por otra parte, el factor humano se

optimiza ya que la información llega al receptor directamente, sin intermediarios. Al mismo tiempo la información necesaria llega a los directivos y decisores automáticamente sin demoras lo que trae como consecuencia además del ahorro del tiempo de respuesta una ventaja económica ya que el equipo puede estar menos tiempo encendido innecesariamente derrochando agua, combustible etc.

- **Generación de gráficas y datos dinámicos:** No fue necesario desarrollar las interfaces de salida de los sensores con la información, ya que el propio sistema detecta todos los sensores disponibles para determinada estación y la muestra dinámicamente, sin necesidad de tener que desarrollar entornos visuales para mostrar cada una de las estaciones.
- **Sistema de Gestión y alertas online.** Desde cualquier lugar se pueden gestionar y recibir las alertas y alarmas del sistema. Gran ventaja que era impensable con anterioridad y que brinda mucha versatilidad, inmediatez y comodidad. Se desarrolló un sistema de gestión de las variables controladas por el SCADA desde el móvil. Se le adicionó la gestión de los usuarios y los móviles con que acceden. Permite la recepción y visualización de la información de las estaciones de forma ordenada según existen en la práctica con un tiempo de demora despreciable.
- **Extensión del telecontrol a nivel nacional:** Ahora la información necesaria para la toma de decisiones llega hasta los decisores y directivos en cualquier lugar donde se encuentren, para conjuntamente con el despacho, tomar las decisiones necesarias y oportunas.
- **Software adaptado a las necesidades:** El software se hizo adaptado a las necesidades de la empresa, para ello fue necesario renombrar las variables existentes lo que permite hacer una identificación de la estación a la que pertenece cada una.
- **Capacitación interna de usuarios.** Por otro lado, el software se diseñó para tener una máxima sencillez en su uso y no deberían existir grandes dificultades en la capacitación ya que las pantallas están pensadas muy intuitivamente. Como se utiliza XP como metodología de desarrollo los especialistas trabajaron conjuntamente con el equipo de desarrollo por lo que el software obtenido cumple con sus expectativas y son capaces con un mínimo de capacitación lograr trabajar con él sin problemas. Por este concepto también se ahorran recursos.
- **Conocimiento generado para el equipo de desarrollo:** Se prevé existan otros desarrollos sobre estas tecnologías y ya el equipo de desarrollo tiene los conocimientos necesarios para llevarlos a cabo.

Además, se obtiene un **aporte social**, ya que la solución presenta beneficios sociales también, destacando los siguientes:

- **Desarrollo Sostenible:** La solución se inserta dentro de la política de desarrollo: “Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible” desarrollada por la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y de la cual Cuba es signataria. (Asamblea General ONU, 2015)
- **Nuevas operaciones automáticas:** La solución tiene un valor añadido ya que permite realizar operaciones que eran imposibles de realizar. La emisión y gestión de alertas y alarmas online es un ejemplo de ello.
- **Optimización del trabajo:** El trabajo en la empresa se optimiza al disminuir los tiempos de respuesta en sentido general.
- **Humanización del trabajo:** De una manera fácil y rápida se pueden realizar operaciones que antes llevaban más trabajo y tiempo realizarlas.
- **Mejora la calidad del servicio:** Al tener mejor controladas las variables de los sensores, al disminuir los tiempos de respuesta ante cualquier contingencia.

Conclusiones Parciales del Capítulo 3

De forma general se dejan de pagar al menos 240 674.20 CUC y una renta de 294.86 CUC mensuales, lo que unido a todos los resultados, aportes y beneficios que la solución trae con su implementación los directivos de la empresa Aguas de La Habana consideran que la solución brinda ahorros económicos para la empresa, facilita la toma de decisiones oportuna, y ubica a la empresa un paso más cerca en el camino hacia la eficiencia empresarial y la mejora del servicio de agua potable a la población.

Las pruebas de aceptación culminaron con resultados favorables, lo que garantiza una correcta aplicación de la metodología XP y una funcionalidad del sistema acorde a las características solicitadas. El sistema desarrollado tiene un alto índice de satisfacción grupal el cual fue determinado con la técnica de IADOV obteniendo un ISG=0.95

La automatización del proceso de notificación de alarmas a responsables en campo permitió mejorar la inmediatez respecto al sistema de notificación actual a directivos, decisores y especialistas de al menos 13.86 horas lo que representa una disminución del 99% del tiempo comparado con el mes donde no estaba implantado el sistema y fue validado a través del método científico de Mann-Whitney.

Conclusiones

En esta investigación se obtuvo como resultado el desarrollo de un sistema de gestión en Android (APK), sobre dispositivos móviles, que cumplió los objetivos planteados. De forma general se pueden resumir en los siguientes elementos:

- Existe una tendencia a la utilización de los dispositivos móviles y a su vinculación con los sistemas SCADA para la obtención de los datos que estos controlan. En Cuba, por sus características, la vía más utilizada es a través de GPRS.
- La utilización de la metodología ágil XP, permitió el desarrollo de un sistema sobre plataforma Android, que a través de GPRS, gestiona desde los móviles, el SCADA de la empresa Aguas de La Habana, lo que permitió disminuir los tiempos de avisos ante situaciones de alertas y alarmas generadas y aumentar el nivel de gestión del mismo.
- La validación a través de las Pruebas de Aceptación y los métodos: IADOV, Entrevistas y W de Mann-Whitney corroboraron el cumplimiento de la hipótesis.
- Con la solución desarrollada se ahorran recursos y se obtienen aportes sociales que, en su conjunto, ubican a la empresa en una mejor posición para brindar su servicio.

Recomendaciones

- Vincular la solución con el Sistema de Información Geográfica (GIS) con que cuenta la empresa, para así incluir la cartografía de las estaciones y conductoras con sus valores de diámetro, profundidad, situación geográfica, entre otros.
- Reemplazar los PLC por placas Arduino, que resultan ser muchos más baratas que los PLC existentes y a las cuales se le pueden acoplar diversos sensores.

Bibliografía

- A.N, D., F.L, L., & D.O., P. (2006). Data-logging and Supervisory Control in Wireless S. 00(ISBN:0-7695-2611-X), 330-338. Obtenido de <http://ieeexplore.ieee.org/document/1640713/>
- Administrador. (2015). *REPÚBLICA DE CUBA. Ministerio de Comunicaciones*. Obtenido de Telefonía móvil en Cuba supera los 3 millones de usuarios: Juventud Rebelde: <http://www.mincom.gob.cu/?q=node/1008>
- Administrador. (20 de Julio de 2016). *DevelApps*. Obtenido de Modelo Vista Presentador (MVP) en Android: <http://www.develapps.com/es/noticias/modelo-vista-presentador-mvp-en-android>
- Administrador. (2017). *Manuales.com*. Obtenido de ¿Qué es el CamelCase? : <https://www.manuales.com/manual-de/que-es-el-camelcase>
- Administrador. (14 de Enero de 2014). *Gobierno de Cantabria*. Obtenido de Estándar de codificación Java: <https://amap.cantabria.es/amap/bin/view/AMAP/CodificacionJava>
- Anand, A. (6 de Junio de 2016). *Study Tutorial*. Obtenido de Android Line Chart or Line Graph using MpAndroid Library Tutorial: <https://www.studytutorial.in/android-line-chart-or-line-graph-using-mpandroid-library-tutorial>
- Android Patterns. (2017). *Android Patterns*. Obtenido de Notifications: https://unitid.nl/androidpatterns/uap_category/notifications
- Antunez Ojeda, Y., & Cedeño Pozo, C. (29 de Julio de 2015). Modelo de notificación de alarmas para sistemas SCADA a través de tecnologías de comunicaciones móviles. *13 th LACCEI Annual International Conference "Engineering Education Facing the Grand Challenges, What Are We Doing?"*(ISBN: 13 978-0-9822896-8-6, ISSN: 2414-6668), 7. Obtenido de <http://www.laccei.org/LACCEI2015-SantoDomingo/RefereedPapers/RP201.pdf>
- Asamblea General ONU. (2015). *Objetivos de desarrollo sostenible*. Recuperado el 12 de Octubre de 2017, de <http://www.un.org/es/comun/docs/?symbol=A/69/L.85>
- Bellosa, F., & StoB, J. (Junio de 2010). *karlsruhe Institute of Technology*. Obtenido de Analysis of the Android Architecture: https://os.itec.kit.edu/downloads/sa_2010_braehler-stefan_android-architecture.pdf
- Benitez, J. (2016). *tecnopedia.net*. Obtenido de 5 librerías gratis para incluir gráficas en tus aplicaciones Android: <http://www.tecnopedia.net/android-mobile/5-librerias-gratis-para-incluir-graficas-en-tus-aplicaciones-android/>
- Blanco Encinosa, L. (Enero-Junio de 2017). Informatización y dirección de empresas en Cuba: evolución y desafíos. *SCielo*, 11(ISSN 2073-6061), 15. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2073-60612017000100014&lng=es&nrm=iso
- Brito Barroso, S., & Ballesteros, R. (2016). *SCADA para la infraestructura hidráulica de la ciudad de Santa Clara: Tesis Msc*. Santa Clara, Cuba: Universidad Central de Las Villas. Obtenido de <http://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/6861?show=full>
- Buschmann, F., Meunier, R., Rohnert, H., Sommerlad, P., & Stal, M. (1996). *Pattern-Oriented Software Architecture: A System of Patterns*. 1.
- Cárdenas, C. (2013). SCADA: OVERVIEW. Evolución del Internet Industrial. *Tecnológico de Monterrey*, (págs. 1-10). Querétaro. Recuperado el 8 de Junio de 2016, de http://www.cudi.edu.mx/primavera_2013/presentaciones/Evolucion_DelInternetIndustrial_CesarCardenas.pdf

-
- Carrodegua Norfi. (2015). *Las redes de transmisión de datos usadas en los teléfonos celulares*. Recuperado el 10 de Octubre de 2017, de <https://norfipc.com/celulares/redes-transmision-datos-usadas-telefonos-celulares.php>
- Casas de la Torre, F., & Urquiza Barraza, E. (22 de mayo de 2017). Ingeniería de Software. Patrones Grasp: Tesis Msc. Instituto tecnológico de La Laguna. Recuperado el 30 de octubre de 2017, de Ingeniería de software. Patrones Grasp: https://es.slideshare.net/Indiana_1969/patrones-grasp-76195661
- Castro Fabre, A. F., & López Padrón, A. (Julio de 2014). Validación mediante criterio de usuarios del sistema de indicadores para prever, diseñar y medir el impacto en los proyectos de investigación del sector agropecuario. *Mi SciELO*, 23(ISSN 2071-0054), 10. Recuperado el 16 de Octubre de 2017, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542014000300012
- Castro, J. (12 de junio de 2015). La importancia de la información para la toma de decisiones en la empresa. (B. Corponet, Ed.) México.
- CCPCC. (abril de 2017). *Granma*. Obtenido de Actualización de los lineamientos de la política económica y social del partido y la revolución para el período 2016-2021 aprobados en el 7mo congreso del partido en abril del 2016 y por la asamblea nacional del poder popular en julio de 2016: <http://www.granma.cu/file/pdf/gaceta/01Folleto.Lineamientos-4.pdf>
- Cervone, F. (27 de Febrero de 2017). *Medium*. Obtenido de Model-View-Presenter: Android guidelines: <https://medium.com/@cervonefrancesco/model-view-presenter-android-guidelines-94970b430ddf>
- César Fernández, J. (21 de octubre de 2017). *AC APPLE CODING*. Obtenido de Patrones de diseño de software(III): <https://applecoding.com/guias/patrones-diseno-software-mvc>
- Chelsea. (18 de Enero de 2016). *SCADATA*. Obtenido de Critical Components of Every SCADA System: <http://www.scadata.net/four-critical-components-of-every-scada-system/>
- Colectivo de Autores. (2015). *Instituto Tecnológico de Sonora*. Obtenido de Extreme Programing: <https://iswugxp.wordpress.com/funcionamiento/>
- Córdova Neira, J. A., & Torres Navarro, C. A. (Julio-Diciembre de 2014). Diseño de sistema experto para toma de decisiones de compra de materiales. *MiCielo*, 30(ISSN: 2256-5078), 11. Recuperado el 16 de Octubre de 2017, de <http://www.scielo.org.co/pdf/cuadm/v30n52/v30n52a03.pdf>
- Corporate author. (2018). *All Sensors*. Obtenido de Engineering Resources. Pressure Points: <https://allsensors.com/engineering-resources/white-papers/pressure-measurement-types>
- Cuello, j., & Vittone, J. (2015). Diseñando apps para móviles. En AppDesignBook. Obtenido de <http://appdesignbook.com/es/contenidos/patrones-interaccion-moviles/>
- del Valle, A. (14 de Julio de 2010). *Cuba tiene más celulares que teléfonos fijos*. Obtenido de Juventud Rebelde: <http://www.juventudrebelde.cu/cuba/2010-07-14/cuba-tiene-mas-celulares-que-telefonos-fijos>
- Denholm, J. (27 de Julio de 2017). *SST. Design Manufacture Customise Configure*. Obtenido de 7 Main Types of Level Sensing Methods – How do they differ?: <http://www.sstsensing.com/7-main-types-of-level-sensors/>
- Díaz Espítitu, J. (5 de abril de 2017). *Prezi*. Recuperado el 30 de octubre de 2017, de patrones GoF (Gang Of Four): <https://prezi.com/a8cdqrxe2ihw/patrones-gof-gang-of-four/>
- Díaz Ramos, J., & Hernández Díaz, R. (2015). Cliente HMI del SCADA Guardián del Alba para Dispositivos Móviles. *Universidad de Matanzas. Monografías*. Obtenido de <http://monografias.umcc.cu/monos/2015/FCEI/mo15153.pdf>
-

-
- Directivos de ETECSA en la Mesa Redonda. (21 de Junio de 2013). *Cubadebate*. Obtenido de ¿Cómo andan los Servicios de Telecomunicaciones en Cuba?: <http://www.cubadebate.cu/noticias/2013/06/21/servicios-de-telecomunicaciones-en-cuba-estado-actual-y-perspectivas/#.WlZEmXwkqM8>
- Dunning, D. (2016). *Techlandia*. Obtenido de ¿Cómo funciona el AES?: https://techlandia.com/funciona-aes-info_215975/
- El Ministerio, Cuba. (24 de Julio de 2007). *Ministerio de la Informática y las comunicaciones*. Obtenido de RESOLUCION No. 127 /2007: http://www.mincom.gob.cu/sites/default/files/marcoregulatorio/1346872659054_R%20127-07%20Reglamento%20de%20Seguridad%20Informatica.pdf
- Equipo de Prensa. (16 de Octubre de 2016). La evolución de las plataformas de monitoreo y control. *Electroindustria*, 3(1), 10-13. Recuperado el 20 de Agosto de 2017, de <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=2735&xit=sistemas-scada-la-evolucion-de-las-plataformas-de-monitoreo-y-control>
- Espín Martí, J. A., & Pilco Totoy, M. P. (2012). *Estudio del uso de la tarjeta inteligente adaptado a un teléfono móvil como sistema para adquirir bienes y servicios en la ciudad de Guayaquil*. Ms. Tesis. Guayaquil: Universidad Politécnica SALESIANA. Ecuador. Unidad de Postgrado. Maestría en administración de empresas. Obtenido de https://documentop.com/estudio-del-uso-de-la-tarjeta-inteligente-adaptado-a-un-telefono-movil-_5984edc61723ddb40462783a.html
- ETECSA. (2015). *Equipos que se comercializan*. Recuperado el 1 de diciembre de 2016, de Empresa de telecomunicaciones de Cuba S.A: http://www.etecsa.cu/telefonía_movil/equipos_que_se_comercializan/
- ETECSA. (2016). *Servicios Especiales*. Recuperado el 15 de marzo de 2017, de Empresa de Telecomunicaciones de Cuba SA: http://www.etecsa.cu/telefonía_movil/servicios_especiales/
- ETSI Informática. (2008). *Criptografía. Curso de Ingeniería Informática. Criptografía Simétrica*. Obtenido de Universidad de Sevilla. Dpto matemática aplicada: http://ma1.eii.us.es/Material/Cripto_ii_Simetrica.pdf
- Feliu, J. (2013). *Mapas conceptuales y diagramas con Lucidchart*. Obtenido de Tecnocentres: <http://tecnocentres.org/es/mapas-conceptuales-y-diagramas-con-lucidchart/>
- Fernanda, M. (2015). *Un viaje al mundo de la telefonía móvil*. Obtenido de EMAZE: <https://www.emaze.com/@AOLZTWLZZ/Un-viaje-al-mundo-de-la-telefon%C3%ADa-M%C3%93VIL...>
- Fling, B. (2017). *Mobile Design and Development. Safari*. Obtenido de The Evolution of Devices: <https://www.safaribooksonline.com/library/view/mobile-design-and/9780596806231/ch01s02.html>
- Gamma, E., Helm, R., Johnson, R., & Vlissides, J. (1995). *Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software* (ISBN-13: 9780321700698 ed.). Addison Wesley. Obtenido de <https://www.pearson.com/us/higher-education/product/Gamma-Design-Patterns-Elements-of-Reusable-Object-Oriented-Software/9780321700698.html>
- Garzás, J. (2013). *Qué es UML y por qué es tan sumamente importante (seas informático o no) saber interpretar diagramas UML*. Recuperado el 16 de Noviembre de 2016, de Javiergarzas.com: <http://www.javiergarzas.com/2013/04/que-es-uml-diagramas-uml.html>
- Garzón, J. (28 de Noviembre de 2017). *C NET en Español*. Obtenido de Android 8.0 Oreo ofrece más fluidez, actualizaciones más rápidas y otras novedades: <https://www.cnet.com/es/analisis/android-oreo/primer-vistazo/>
-

-
- Girón Camacho, J., Mendoza Chapa, S., & Torres Huitzil, C. (2012). *Mecanismo móvil para adaptación plástica de interfaces gráficas multi-plataforma: Tesis Dr.* (Vols. ISBN 978-1-4577-1013-1). México, Distrito Federal, México, México: Cinvestav. Obtenido de <https://www.cs.cinvestav.mx/TesisGraduados/2012/TesisEduardoGiron.pdf>
- González Medina, U. J. (2012). *Android de la A a la Z*. Recuperado el 16 de Octubre de 2017, de Breve historia de la programación en dispositivos embebidos: https://es.slideshare.net/android_unam/android-de-la-a-a-la-z-unidad-1
- Herrera Castellanos, M. (2011). *FORMULA PARA CÁLCULO DE LA MUESTRA POBLACIONES FINITAS*. Hospital Roosevelt, Guatemala. Obtenido de <https://investigacionpediahr.files.wordpress.com/2011/01/formula-para-cc3a1lculo-de-la-muestra-poblaciones-finitas-var-categorica.pdf>
- Infante Gonzalez , J. (24 de Agosto de 2017). *mindMeister*. Obtenido de clasificación de los principales riesgos de la seguridad informática.: <https://www.mindmeister.com/es/942245519/clasificaci-n-de-los-principales-riesgos-de-la-seguridad-inform-tica>
- Jenik, C. (30 de Marzo de 2016). *Statista*. Obtenido de El portal de las estadísticas: <https://es.statista.com/grafico/4511/android-e-ios-los-dos-vencedores/>
- Jhordan Rey, E. (3 de Noviembre de 2015). *Model View Presenter en Android*. Obtenido de Erik Jhordan Rey Software Engineer: <https://erikcaffrey.github.io/ANDROID-mvp/>
- Kardell, M. (1997). *A CLASSIFICATION OF OBJECT-ORIENTED DESIGN PATTERNS: Tesis Msc.* Umeå: Umeå University. Obtenido de <http://people.cs.umu.se/jubo/ExJobs/MK/patterns.htm>
- Kolehmainen, K. (2003). Agile Requirements Engineering: Building tool support for XP. *Moose. Software Engineering MethOdOlogieS for Embedded Systems*, 12:13. Obtenido de http://virtual.vtt.fi/virtual/proj1/projects/moose/docs/agile_re.pdf
- Kumbhar, V. (5 de Mayo de 2015). *PLC-SCADA-DOCS*. Obtenido de Types of Sensors, Advantages & Disadvantages of all types Sensors, Applications of Sensors: <http://plc-scada-dcs.blogspot.com/2015/05/types-of-sensors-advantages.html#axzz57dDtM4kD>
- Larman, C. (2002). *Una introducción al análisis y diseño orientado a objetos y al proceso unificado*. (P. H. Edición, Ed.) Pearson Education.
- Lluch, J. (2013). *ScadaMobile*. Recuperado el 18 de enero de 2017, de SWEETWILLIAM S.L: <http://www.sweetwilliamsl.com/scadamobile/>
- LOPD. (2007). *Universidad rey Juan Carlos*. Obtenido de Niveles de seguridad : <https://www.urjc.es/proteccion-de-datos/1030-niveles-de-seguridad>
- López Michelone, M. (23 de Septiembre de 2013). *La Historia de Android*. Recuperado el 28 de Junio de 2017, de UNOCERO: <https://www.unocero.com/noticias/gadgets/smartphones/android/la-historia-de-android/>
- López Rodríguez, A., & González Maura, V. (Abril de 2002). La técnica de ladov. Una aplicación para el estudio de la satisfacción de los alumnos por las clases de Educación Física. (I. M. Habana, Ed.) *Buenos Aires. efdeportes.com*(47).
- Lou, T. (2016). A comparison of Android Native App Architecture MVC, MVP and MVVM. *TU/e Technische University Eindhoven. University of Technology*, 49. Obtenido de https://pure.tue.nl/ws/files/48628529/Lou_2016.pdf
- Luis, R. (octubre de 2017). *Efecto/Apple*. Obtenido de Patrón de Diseño Model View Controller: MVC: <https://www.efectoapple.com/patron-diseno-model-view-controller-mvc/>
- M. Bolinches, V. (6 de Noviembre de 2016). *Universidad de Valencia*. Obtenido de PARADIGMAS FP Y OOP USANDO TÉCNICAS AVANZADAS DE PROGRAMACIÓN ASÍNCRONA: https://www.uv.es/capgeminuiv/documents/OPP-Func_ext.pdf
-

-
- Marrón González, K. (20 de Abril de 2017). *Granma*. Obtenido de Sostener el desarrollo con el esfuerzo propio: <http://www.granma.cu/cuba/2017-04-20/sostener-el-desarrollo-con-el-esfuerzo-propio-20-04-2017-22-04-14>
- Mason, L. (2016). *Techlandia*. Obtenido de Ventajas y desventajas de la criptografía de clave simétrica: https://techlandia.com/ventajas-desventajas-criptografia-clave-simetrica-info_276624/
- McDonald, K. (2017). *Agile Alliance*. Obtenido de Extreme Programming: [https://www.agilealliance.org/glossary/xp/#q=~\(filters~\(postType~\(~'post~'aa_book~'aa_event_session~'aa_experience_report~'aa_glossary~'aa_research_paper~'aa_video\)~tags~\(~'xp\)\)~searchTerm~'~sort~false~sortDirection~'asc~page~1\)](https://www.agilealliance.org/glossary/xp/#q=~(filters~(postType~(~'post~'aa_book~'aa_event_session~'aa_experience_report~'aa_glossary~'aa_research_paper~'aa_video)~tags~(~'xp))~searchTerm~'~sort~false~sortDirection~'asc~page~1))
- Mouse, J. (28 de Mayo de 2014). *JC- Mouse. Código colectivo*. Obtenido de Encriptación simétrica en java: <http://www.jc-mouse.net/java/encriptacion-simetrica-en-java>
- Noris Martínez, J. (30 de Octubre de 2017). *Comunidad Android de Cuba*. Obtenido de Nominados a los premios TuAndroid. Vote por la aplicación más popular!!: <http://jorgen.cubava.cu/2017/10/30/nominados-a-los-premios-tuandroid-vote-por-la-aplicacion-mas-popular/>
- Palacios, Z., Suarez, L., Cristina, C., Macabril, R., & Rondón, J. (Junio de 2010). *Slideshare*. Obtenido de Programación Xp Nocturno : <https://es.slideshare.net/sulbaranjose/programacin-xp-nocturno>
- Pérez López, E. (2015). Los sistemas SCADA en la automatización industrial. *Tecnología en Marcha*, 28(ISSN: 0379-3982, ISSN-E: 2215-3241), 3-14. Recuperado el 12 de Marzo de 2017, de http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/view/2438
- Pérez, D., Guntín, Y., Alonso, Y., & Coello, J. (2008). *V Simposio de Ingeniería Industrial y Afines*. Facultad de Ingeniería Industrial:CUJAE, PÉREZ D., GUNTÍN Y., ALONSO Y. & COELLO J. En: . : CUJAE, , p.1-5. Obtenido de <http://ccia.cujae.edu.cu/index.php/siia/siia2008/paper/view/1174/246>
- ProSoft Technology. (2017). *Mobile Applications*. Recuperado el 20 de Marzo de 2017, de ProSoft Technology Inc.: https://www.prosoft-technology.com/var/plain_site/storage/original/application/35d316b244b755813401524f6a5e18df.pdf
- Rodríguez Cruz, Y., & Pinto Molina, M. (2014). Modelo de uso de la información para la toma de decisiones estratégicas en organizaciones de información cubanas. Tesis Dr. Cien. (ISSN 2318-0889). doi:http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0103-37862018000100051&script=sci_abstract&tlng=es
- Rodríguez Escobar, E., González R., M. D., & García R., G. E. (2015). *SISTEMA DE CIFRADO DE VOZ PARA EQUIPOS DE TELEFONÍA MÓVIL*. Tesis Msc. México , D.F. Obtenido de <http://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/20238/Sistema%20de%20cifrado%20de%20voz%20para%20equipos%20de%20telefon%C3%ADa%20m%C3%B3vil.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rodríguez Jiménez, A., & Pérez Jacinto, A. O. (Junio de 2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *SciELO*(ISSN 0120-8160). Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-81602017000100179
- Rodríguez, T. (21 de Marzo de 2011). *Android*. Obtenido de Android Patterns: patrones de diseño para desarrollar aplicaciones Android: <https://www.xatakandroid.com/programacion-android/android-patterns-patrones-de-diseno-para-desarrollar-aplicaciones-android>
- Rodríguez, T. (23 de mayo de 2015). *20 años de Java*. Recuperado el 1 de junio de 2017, de ¿En qué quedó el sueño de programar una vez, ejecutar en cualquier lugar?:
-

-
- <https://www.xataka.com/aplicaciones/20-anos-de-java-celebramos-su-tremenda-influencia-en-el-mundo-del-software-y-la-programacion>
- Rogerson, J. (febrero de 2018). *techradar*. Obtenido de Android P release date, news and rumors: <https://www.techradar.com/news/android-p-what-we-want-to-see-from-android-9>
- Rosso, R. (2016). *Android Studio*. Recuperado el 1 de Junio de 2017, de Uptodown.com: <https://android-studio.uptodown.com/windows>
- Rouse, M. (2017). *TechTarget.com*. Recuperado el 1 de Junio de 2017, de Microsoft SQL Server: <http://searchsqlserver.techtarget.com/definition/SQL-Server>
- Rubín Martín, A. (19 de agosto de 2017). *lifeder.com*. Obtenido de Los 6 Pasos del Método Científico y sus Características: <https://www.lifeder.com/pasos-metodo-cientifico/>
- Rubio, V. (24 de Diciembre de 2015). *CubaSi*. Obtenido de Exclusiva con la Presidenta de ETECSA: Crece penetración de internet en Cuba: <http://cubasi.cu/cubasi-noticias-cuba-mundo-ultima-hora/item/46405-exclusiva-con-la-presidenta-de-etecsa-crece-penetracion-de-internet-en-cuba>
- Santos Hernández, V. (2009). La industria del software. Estudio a nivel global y América Latina. Observatorio de la Economía Latinoamericana. *Observatorio de la Economía Latinoamericana*(ISSN 1696-8352), 12. Obtenido de <http://www.eumed.net/cursecon/ecolat/la/09/vsh.htm>
- Scott W., A. (2014). *Agile Modeling*. Obtenido de Class Responsibility Collaborator (CRC) Models: An Agile Introduction: <http://www.agilemodeling.com/artifacts/crcModel.htm>
- Scott W., A. (2014). *Agile Modeling*. Obtenido de UML 2 Class Diagramming Guidelines: <http://www.agilemodeling.com/style/classDiagram.htm>
- Sherman, A. (10 de abril de 2017). *StoryboardThat*. Obtenido de Historias de Usuarios y Desarrollo Ágil: <http://www.storyboardthat.com/es/articles/b/historias-de-usuarios-%C3%A1giles>
- Smullins, C. (19 de Noviembre de 2011). *Data and Technology Today*. Obtenido de An Introduction to Database Design: From Logical to Physical: <https://datatechnologytoday.wordpress.com/2011/11/19/an-introduction-to-database-design-from-logical-to-physical/>
- Soporte. (2018). *Isocron Systems*. Obtenido de <https://www.isocron.net/soporte>
- Suárez, P. (2014). *Una biblioteca para mostrar gráficas (Android)*. Recuperado el 1 de Junio de 2017, de Kabytes: <http://www.kabytes.com/programacion/una-biblioteca-para-mostrar-graficas-android/>
- Sundberg, N., Lozanova, Y., & Fall, M. (2011). *Informe Tendencias en las reformas de telecomunicaciones 2010–2011: Propiciar el mundo digital del mañana*. División del Entorno de Reglamentación y Mercado de la Oficina de Desarrollo de las Telecomunicaciones (BDT) de la UIT. UIT.
- Supriya. (Abril de 2017). *TechJini*. Obtenido de Evolution of Android: <http://www.techjini.com/blog/evolution-of-android/>
- Technical Support. (2016). *Products*. Recuperado el 25 de Enero de 2017, de Tesla Scada Multi platform solution: <http://teslascada.com/index.php/en/products>
- Udhay. (12 de Enero de 2014). *ProgrammerGuru.com*. Obtenido de What is AsyncTask in Android?: <http://programnerguru.com/android-tutorial/what-is-async-task-in-android/>
- Ujvarosi, A. (2016). EVOLUTION OF SCADA SYSTEMS. *Bulletin of the Transilvania University of Braşov*, 9(ISSN 2065-2119), 6. Obtenido de http://webbut.unitbv.ro/BU2015/Series%20I/2016/BULETIN%20I%20PDF/Ujvarosi_AI.pdf
-

- Univ. Carlos III Madrid. (2017). *Software de Comunicaciones*. (I. T. Madrid, Editor) Recuperado el 16 de Octubre de 2017, de Aplicaciones en Android: <https://sites.google.com/site/swcuc3m/home/android/generalidades/aplicacionesandroid>
- Universidad Colima. (2017). *Diseño experimental*. Obtenido de Universidad de Colima: https://recursos.ucol.mx/tesis/disenio_experimental.php
- Valero, C. (28 de Julio de 2015). *ADSL ZONE*. Obtenido de 1973-2015: La impresionante historia de los teléfonos móviles: <https://www.adslzone.net/2015/07/28/1973-2015-la-impresionante-historia-de-los-telefonos-moviles/>
- Verdecia Lorente, Y., Machado Bulgueras, G., & Gustabello Cogle, R. (2016). *Interfaz gráfica para el sistema SCADA del oleoducto Varadero - Matanzas. Tesis Ing.* Matanzas: DSpace@UCLV. Recuperado el 28 de noviembre de 2017, de <http://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/6392/Yaisniel%20Verdecia%20Lorente.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Vilanova, R. (2007). *Sistemas SCADA, Supervisión de procesos*. (B. E. Escuela Técnica Superior de Ingeniería UAB, Editor) Recuperado el 2017 de Junio de 15, de <https://www.epsevg.upc.edu/hcd/SAF/PDF/2007%20Sistemas%20SCADA.pdf>
- Wigginton, C., Lee, P., Curran, M., & Aytolu, A. (2016). *Deloitte*. Obtenido de Global mobile consumer trends: 1st Edition Mobile proves to be indispensable in an always-connected world: <https://www2.deloitte.com/do/es/pages/technology-media-and-telecommunications/articles/pr-global-mobile-consumer-trends.html>
- Yorio, D., & Rossi, G. (2005). *Identificación y Clasificación de Patrones en el Diseño de Aplicaciones Móviles: Tesis Msc.* La Plata. Obtenido de http://postgrado.info.unlp.edu.ar/Carreras/Magisters/Ingenieria_de_Software/Tesis/Yorio_Ruben.pdf

Anexos

Anexo 1

Encuesta aplicada al culminar el sistema:

Nota: Esta encuesta fue aplicada al personal que trabaja directamente con los procesos del SCADA. Están incluidos directivos, decisores y trabajadores en general.

La siguiente encuesta busca obtener información del funcionamiento de la aplicación **AGUAS_MOVIL** y las facilidades que le reporta a usted como usuario el uso en su dispositivo inteligente.

1. ¿Cuánto tiempo lleva utilizando la nueva aplicación?

- Menos de un mes
- Entre uno y seis meses
- Más de seis meses

2. ¿Con qué frecuencia utiliza la nueva aplicación?

- Diariamente.
- Una o más veces a la semana.
- Dos o tres veces al mes.
- Una vez al mes.
- Menos de una vez al mes.

3. Si pudiera escoger entre la nueva versión AGUAS_MOVIL o mantenerse por la vía antigua.

¿Escogería la nueva versión?

- Sí
- No
- No se

4. ¿Ha tenido usted algún problema a la hora de usar AGUAS_MOVIL?

- Sí
- No

5. ¿Considera usted que se solucionaron los problemas que existían antes de la introducción del software AGUAS_MOVIL?

- Sí.
- Más o menos, parcialmente.
- No.

6. ¿Le es difícil, se siente incómodo o no está satisfecho con la nueva herramienta AGUAS_MOVIL?

__Si.

__No.

__No lo sé.

7. ¿Le gusta la nueva versión AGUAS_MOVIL para realizar su trabajo?

__Me gusta mucho. (5 puntos)

__No me gusta tanto. (4 puntos)

__Me da lo mismo. (3 puntos)

__Me disgusta más de lo que me gusta (2 puntos)

__No me gusta nada (1 punto)

__No sé qué decir.

8. ¿Hay algún aspecto que le gustaría mencionar sobre el uso de AGUAS_MOVIL que no se haya tratado en esta encuesta? Si es así, por favor, diga de qué se trata:

9. ¿Qué aspectos podrían mejorarse en la nueva versión AGUAS_MOVIL?

Anexo 2

Entrevista aplicada

1- ¿Podría decirme su nombre y cargo actual en la empresa?

2- ¿Conoce usted de la fórmula que se aplica en el dpto. de desarrollo para medir el costo de desarrollo de un sistema informático? De ser positiva, díganosla.

-
-
- 3- ¿Conoce usted del costo que traería para la empresa si contratara los servicios de una empresa extranjera para el desarrollo de la aplicación AGUAS_MOVIL para la gestión de los procesos del SCADA a través de dispositivos móviles? De ser positiva explique.
-
-
-
-

Anexo 3

Esta encuesta persigue determinar el nivel de gestión con que cuenta el SCADA de la empresa Aguas de La Habana.

- 1- Responda solo Si o No. ¿La gestión de los datos del proceso del SCADA de la empresa Aguas de La Habana se puede,
- a) ____ Modificar las variables de los sensores en el Puesto de Mando o Telecontrol?
 - b) ____ Eliminar las variables de los sensores en el Puesto de Mando o Telecontrol?
 - c) ____ Insertar las variables de los sensores en el Puesto de Mando o Telecontrol?
 - d) ____ Modificar los usuarios y/o equipos con acceso al SCADA desde el Puesto de Mando o Telecontrol?
 - e) ____ Eliminar los usuarios y/o equipos con acceso al SCADA desde el Puesto de Mando o Telecontrol?
 - f) ____ Insertar los usuarios y/o equipos con acceso al SCADA desde el Puesto de Mando o Telecontrol?
 - g) ____ Modificar las variables de los sensores fuera del telecontrol o puesto de mando?
 - h) ____ Eliminar las variables de los sensores fuera del telecontrol o puesto de mando?
 - i) ____ Insertar las variables de los sensores fuera del telecontrol o puesto de mando?
 - j) ____ Modificar los usuarios y/o equipos con acceso al SCADA fuera del telecontrol o puesto de mando?

k) _____ Eliminar los usuarios y/o equipos con acceso al SCADA fuera del telecontrol o puesto de mando?

l) _____ Insertar los usuarios y/o equipos con acceso al SCADA fuera del telecontrol o puesto de mando?

Anexo 4

Glosario de Términos

AGUAS DE LA HABANA: Se designada como Sociedad Concesionaria para la Gestión de los Servicios de Acueducto, Alcantarillado, Saneamiento y Drenaje Pluvial, S.A.

ANDROID: Es un sistema operativo basado en el núcleo Linux. Fue diseñado principalmente para dispositivos móviles con pantalla táctil, como teléfonos inteligentes o tabletas y también para relojes inteligentes, televisores y automóviles.

APN: (Access Point Name). Es el nombre del punto de acceso del servicio a utilizar.

CASE: Ingeniería de *Software* Asistida por Computadoras. Son diversas aplicaciones informáticas destinadas a aumentar la productividad en el desarrollo de *software*, reduciendo el costo de las mismas en términos de tiempo y dinero. Estas herramientas pueden ayudar en todos los aspectos del ciclo de vida del desarrollo del *software*, en tareas como el proceso de realizar un diseño del proyecto, cálculo de costos, implementación de parte del código automáticamente con el diseño dado, compilación automática, documentación o detección de errores, entre otras.

CCTV: Por sus siglas en inglés, Closed Circuit Televisión, o Circuito Cerrado de Televisión, consiste en una o más cámaras de vigilancias conectadas a uno o más monitores de video o televisores que reproducen las imágenes transmitidas por las cámaras.

EDGE (GPRS avanzado): Técnica de transmisión de datos GSM en paquetes con un mayor ancho de banda que adiciona velocidad al proceso.

GPRS: (General Packet Radio Service) Es una extensión de la tecnología de comunicaciones móviles GSM. En ella la información es dividida en pequeños bloques, los que posteriormente se reagrupan al llegar a destino. Este tipo de transmisión permite una mayor capacidad y velocidad. Técnica de transmisión de datos GSM en paquetes con un mayor ancho de banda. Con este sistema el cliente puede disfrutar de una conexión inalámbrica continua a redes de datos y acceder a sus servicios

favoritos de información y entretenimiento. Es un excelente portador para muchos tipos de aplicaciones, como mensajería multimedia, imágenes y navegación por Internet de forma más rápida.

GPS: Sistema de Posicionamiento Global.

GSM: Sistema de radiotelefonía celular digital europeo comercializado a partir de 1992.

HMI: “*Human Machine Interface*”, es decir es el dispositivo o sistema que permite el interfaz entre la persona y la máquina.

IDE: Entorno de desarrollo integrado.

iPhone, iPod Touch, IPAD: Distintos tipos de móviles existentes en el mercado.

JAVA: Es un lenguaje de programación y una plataforma informática comercializada por primera vez en 1995 por Sun Microsystems. Hay muchas aplicaciones y sitios web que no funcionarán a menos que tenga Java instalado y cada día se crean más.

KPIs: En español los podemos definir como “Indicadores Clave de Desempeño”. Estos KPI consisten en métricas que nos ayudan a medir y a cuantificar el rendimiento del progreso en función de unas metas y objetivos planteados para las distintas actividades que llevemos a cabo dentro de la empresa Aguas de La habana.

LongTouch: Evento que se produce en la pantalla del dispositivo móvil correspondiente a tocar una parte de la misma por un período de tiempo largo.

MMS: Servicio de mensajes multimedia.

Modbus TCP, Siemens ISO / TCP, Ethernet / IP y OPC UA, UDP: Diferentes protocolos de comunicación y transmisión de datos para la interconexión de equipos.

PLC: Controlador Lógico Programable (Programmable Logic Controler). Es un equipo electrónico programable que permite almacenar una secuencia de órdenes (programa) en su interior y ejecutarlo de forma cíclica, con el fin de realizar una tarea.

RTU: Unidades de Terminal Remota.

SCADA: Supervisión, Control y Adquisición de Datos.

SMS: Servicio de mensajes Cortos.

TI: Tecnologías de la Información

TIC: Tecnología de la Información y las Comunicaciones.

Touch: Evento que se produce en la pantalla del dispositivo móvil correspondiente a tocar una parte de la misma por un período corto de tiempo.

UCI: Universidad de las Ciencias Informáticas.

UML: Lenguaje de modelado unificado. Consiste en un lenguaje común que se utiliza para el modelado de la solución para que sea entendible para todos los desarrolladores y personal involucrado en la solución.

WAP: Es un protocolo de aplicación inalámbrica que ha permitido establecer una norma común en la forma de utilizar la tecnología inalámbrica para acceder a Internet, la misma ha sido optimizada para el envío de información a dispositivos de clientes ligeros, como, por ejemplo, los teléfonos móviles. A través de este protocolo se puede acceder a sitios de Internet sobre noticias, clima, mercado de valores, deportes. Si los clientes optan por el servicio WAP podrán acceder además a su e-mail desde su móvil.

WIFI: Es originalmente una abreviación de la marca comercial Wireless Fidelity, que en inglés significa “fidelidad sin cables o inalámbrica”. Red inalámbrica que está presente en la mayoría de los celulares.

3G (Tercera Generación): Mayor ancho de banda y velocidad de transmisión de datos, habilita la introducción de nuevas aplicaciones.