



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE INGENIERÍA

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN  
SOFTWARE DE ADQUISICIÓN, GRAFICACIÓN  
Y ANÁLISIS DE DATOS EXPERIMENTALES”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO  
EN COMPUTACIÓN PRESENTA:

**JUAN JOSÉ CAMPUZANO VALDEZ**

DIRECTOR DE TESIS: M.I. MIGUEL ANGEL  
BAÑUELOS SAUCEDO



México, D.F.

2009



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## *Agradecimientos*

A la Universidad Nacional Autónoma de México por la formación que realizó en mi a nivel personal y profesional, tanto en la Facultad de Ingeniería como en mis inicios en el Colegio de Ciencias y Humanidades.

A mi tutor M. I. Miguel Ángel Bañuelos Saucedo, por la oportunidad que me brindó para realizar mi tesis, así como el servicio social.

A mis sinodales: M. I. Aurelio Adolfo Millán Nájera, M. I. Sergio Quintana Thierry, M. I. Jorge Valeriano Assem y M. C. Luis Ochoa Toledo, por su disposición para revisar y validar este tema de tesis.

A mis profesores de toda la carrera por su constancia, enseñanzas y dedicación.

Al personal del Laboratorio de Electrónica del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico por todo el apoyo brindado durante este periodo de trabajo.

## *Dedicatorias*

A mis padres María de los Ángeles Valdez Flores y José Campuzano Mendieta por el apoyo y confianza a lo largo de toda mi vida y en especial, de este proceso en mi formación profesional, muchas gracias y que Dios los bendiga.

A mis hermanas y hermano por su confianza y paciencia durante el tiempo que llevó mi formación profesional.

A mi tía, Dra. Dolores Valdez Flores por su confianza, apoyo moral y presencia en los momentos trascendentales.

A mis familiares que no pudieron ver realizado este logro.

A todos mis familiares que me impulsaron a terminar mi carrera.

A mi esposa Rafaela Muñoz González por su valioso consejo de continuar mi preparación profesional, además de su apoyo y comprensión durante todo el proceso.

*La inteligencia. . . es la facultad de hacer objetos artificiales, sobre todo herramientas para hacer herramientas.*

Henry Bergson

*Una imagen me enseña de un vistazo lo que, para exponerse en un libro, son necesarias decenas de paginas.*

Ivan Sergeyevich

# ÍNDICE

## Página

<b>Prefacio</b>	1
-----------------	---

### **Introducción**

Antecedentes	
Sistema de adquisición de datos	3
Método científico experimental	4
Análisis de datos	6
Definición del problema	7

### **Capítulo I: Análisis de requisitos**

Requerimientos funcionales	10
Requisitos: Adquisición de datos desde el módulo	10
Requisitos: Adquisición de datos desde archivo	11
Requisitos: Adquisición de datos desde el teclado	11
Análisis estadísticos	12
Imprimir tabla y/o gráfica	12
Guardar datos en archivo	13
Requerimientos no funcionales	13
Representación grafica de los instrumentos de medición	13
Ventana para obtener los parámetros de adquisición	14
Ventana para elegir instrumento y canal	14
Ventana imprimir	14
Ventana de análisis estadísticos	14
Requerimientos de interfaz	14
Requerimientos de entorno	16

### **Capítulo II: Diseño e implementación del software para la adquisición, graficación y análisis estadístico de datos experimentales SAGADE**

Descripción general del programa	17
Arquitectura del sistema SAGADE	19
Diseño de la interfaz de usuario	22
Fase I: Inicio del programa	22
Ventana de presentación	22
Ventana de principal	22
Ventana elegir actividad	24
Fase II: Adquisición de datos	25
Ventana elección de instrumento y asignación de canal	25

Ventana instrumento de medición	25
Ventana para obtener los parámetros de adquisición	26
Ventana control de adquisición de datos desde el módulo	27
Adquisición de datos desde archivo y teclado	28
Fase III: Manejo de datos	29
Ventana para el análisis de datos obtenidos desde módulo	29
Ventana de trabajo para las actividades de adquisición de datos desde archivo y teclado	30
Ventana para imprimir una serie de datos	30
Ventana para guardar datos	31
Diseño e implementación de la fase I	32
Inicio del programa	32
Diseño e implementación de la fase II	34
Adquisición de datos desde el modulo	34
Elección de instrumento y asignación de canal	34
Obtener los parámetros de adquisición	35
Adquisición de datos	38
Configuración de los instrumentos	39
Crear la cadena de configuración del módulo	39
Descripción de las funciones para la configuración del puerto serie	39
Configuración del puerto serie	41
Inicio de la comunicación	42
Obtención y procesamiento de la información	43
Adquisición de datos desde archivo	48
Adquisición de datos desde el teclado	50
Diseño e implementación de la fase III (Manejo de datos)	51
Guardar una serie de datos	51
Análisis estadístico	53
Cálculo de los parámetros estadísticos	54
Cálculo de los parámetros de las curvas de regresión	55
Graficación por bloques de los datos y curva de regresión	56
Imprimir la tabla o gráfica de una serie de datos	58
Formato del documento impreso	58
Generar la gráfica de inicio	59
Proceso para generar la imagen a imprimir	60
Proceso para mostrar una vista previa e iniciar la impresión	60
Cerrar el programa o cambiar de actividad	61
<b>Capítulo III: Pruebas y resultados</b>	
Fase I: Pruebas de la fase de inicio	62
Fase II: Pruebas para la adquisición de datos	62
Pruebas referentes a la elección de instrumento y asignación de canal	63
Pruebas referentes a la obtención de los parámetros de adquisición	64
Pruebas realizadas durante el proceso de adquisición	65
Pruebas para la adquisición de datos desde archivo	66
Pruebas para la adquisición de datos desde teclado	67

Pruebas realizadas para la fase III: manejo de los datos	67
Pruebas relacionadas con el análisis estadístico	68
Pruebas para guardar una serie de datos	70
Pruebas de impresión	70
Control de ejecución del programa	71

## **Conclusiones y recomendaciones**

Interpretación de los resultados obtenidos:	
Inicio del programa	73
Adquisición de datos desde el módulo	73
Adquisición de datos desde el archivo	74
Adquisición de datos desde el teclado	74
Guardar datos	75
Imprimir la tabla o la gráfica de los datos	75
Análisis estadístico	75
Control del programa	76
Conclusiones	77
Recomendaciones	77

## **Apéndices**

Apéndice A. Tabla de requisitos	79
Apéndice B. Diagramas de secuencia (diseño del sistema)	82
Figura B.1 Diagrama de secuencia para el inicio del programa.	82
Figura B.2 Diagrama de secuencia para elegir instrumento y asignarle un canal.	83
Figura B.3 Diagrama de secuencia para la modificación y asignaciones, en el proceso de elección de instrumento y asignación de canal	84
Figura B.4 Diagrama de secuencia para obtener los parámetros de adquisición	85
Figura B.5 Diagrama de secuencia para la configuración de instrumento y creación de la cadena de configuración	86
Figura B.6 Diagrama de secuencia para la activación del puerto serie	87
Figura B.7 Diagrama de secuencia para el proceso de lectura de la información proveniente del Módulo de adquisición	88
Figura B.8 Diagrama de secuencia para la graficación de los datos obtenidos desde el módulo de adquisición	89
Figura B.9 Diagrama de secuencia para la obtención de datos desde archivo	90
Figura B.10 Diagrama de secuencia para la obtención de datos desde el teclado	91
Figura B.11 Diagrama de secuencia para guardar una serie de datos	92
Figura B.12 Diagrama de secuencia para el análisis estadístico	93

Figura B.13	Diagrama de secuencia para calcular los parámetros de las curvas de regresión y el coeficiente de determinación cuadrado	94
Figura B.14	Diagrama de secuencia para la impresión de la gráfica o tabla de una serie de datos	95
Figura B.15	Diagrama de secuencia para los procesos de cambiar de actividad y cerrar el programa	96
Apéndice C.	Imágenes de la GUI, de los resultados obtenidos	
Figura C.1	Imagen de la presentación del programa	97
Figura C.2	Imagen de la ventana principal al inicio del programa o al cambiar de actividad	97
Figura C.3	Proceso de adquisición desde el módulo	98
Figura C.4	Mensaje mostrado por una falla en la generación del controlador del puerto serie	98
Figura C.5	Mensaje mostrado por una falla al momento de configurar el puerto serie	99
Figura C.6	Mensaje mostrado por una falla en la comunicación PC-Módulo durante el proceso de adquisición	99
Figura C.7	Ventana “Análisis estadístico” desde la adquisición desde módulo	100
Figura C.8	Ventana de trabajo para la adquisición desde archivo y teclado	100
Figura C.9	Documento de prueba para los cálculos estadísticos realizados en Excel	101
Figura C.10	Ventana “Guardar datos . . .”	103
Figura C.11	Imprimir, cuando se ha seleccionado imprimir la gráfica	103
Figura C.12	Vista previa cuando se ha pedido imprimir la tabla	104
Figura C.13	Ventana para elegir y configurar impresora	104
Sección C.14	Ejemplo de una impresión de la tabla y gráfica de una serie de datos	105
<b>Bibliografía</b>		<b>108</b>

## *Prefacio*

El texto que aquí se presenta describe el diseño e implementación de un software de control y procesamiento de datos llamado *Software de Adquisición, Graficación y Análisis de Datos Experimentales* (SAGADE) que formará parte de un sistema de adquisición de datos denominado “*Sistema de adquisición de datos de bajo costo*”, el cual forma parte del conjunto de sistemas desarrollados en el Laboratorio de Electrónica del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET) de la UNAM.

El sistema tiene el objetivo de facilitar las tareas de medición y registro de datos en diferentes experimentos de física, química y electricidad. Por ende, se pretende que el sistema de adquisición pueda ser utilizado en laboratorios de instituciones de enseñanza de nivel medio superior y superior.

Por su parte, el objetivo del software es controlar el sistema de adquisición, para ello, cuenta con las tareas de configuración del hardware, recepción, procesamiento y almacenamiento de los datos, representar los datos en forma de gráficas (en tiempo real) y tablas, al igual que el cálculo de estadísticos básicos (mínimo, máximo, media) así como los parámetros de ajustes de curvas de regresión.

Este trabajo de tesis está estructurado en 5 capítulos. A continuación se presenta un resumen de cada capítulo:

*Capítulo I: Introducción.* Se definen conceptos relacionados con los sistemas de adquisición de datos y su aplicación dentro del método científico experimental así como también se realiza el planteamiento del problema.

*Capítulo II: Análisis de requisitos.* Se define cada una de las funciones y características deseadas para el programa.

*Capítulo III: Diseño e implementación del software.* Se establece la definición general del programa describiendo las funciones que realizará y los elementos que formarán al programa, basados en el paradigma de la programación orientada a objetos. Se presenta el diseño de la Interfaz Gráfica de Usuario elaborada en el ambiente de programación VisualBasic.NET. Posteriormente se describe el diseño e implementación de cada una de las funciones y subprocesos requeridos en el desarrollo del programa.

*Capítulo IV: Pruebas y resultados.* Se describen las pruebas realizadas en cada una de las tareas que realiza el sistema, mostrando los resultados obtenidos.

*Capítulo V: Conclusiones y recomendaciones.* De acuerdo a los resultados obtenidos, se dan las conclusiones finales y se determina si se alcanzó el objetivo de acuerdo a lo establecido en el análisis de requisitos.

Se cuenta con una sección de *Apéndices* en la que se incluye principalmente diagramas de diseño y resultados. Por último se tiene la sección de Bibliografía con la referencia de las fuentes consultadas.

## *Introducción*

### **Antecedentes**

Los sistemas de adquisición de datos (SAD) tienen la función de obtener un conjunto de señales reales (analógicas) que representa a una variable física dentro de un proceso o fenómeno, convertirlas a señales eléctricas y esta a su vez a señales digitales para poder ser utilizadas por una computadora.

Un SAD está compuesto de varios elementos, un conjunto de sensores para medir la señal física, un hardware que recibe las señales para procesarlas y enviarlas a una computadora y un software de control del SAD. Los componentes de estas tres partes son:

- Transductores o sensores: dispositivo que se encarga de convertir la señal física a en una señal eléctrica. Por lo regular dicha señal es muy tenue por lo cual es necesario un acondicionamiento para obtener una señal eléctrica adecuada para las siguientes etapas del SAD.
- Multiplexor: dispositivo que permite seleccionar la señal de entrada que será procesada. Si solo se trata de una señal, este dispositivo no es necesario.
- Amplificador: es la etapa en la cual se amplifica la señal eléctrica de entrada para adecuarla en el intervalo de trabajo del convertidor analógico digital, para obtener una máxima resolución.
- Convertidor A/D: dispositivo que se encarga de convertir la señal eléctrica (analógica) a una señal digital (discreta) con una precisión de 'n' bits, donde 'n' suele ser de 8, 12, etc. con o sin signo.
- Interfaz de comunicación Hardware-PC: es el medio por el cual se realiza la comunicación entre estos dispositivos, los más utilizados son: puerto serie RS232, puerto paralelo y USB. En esta etapa se establece un protocolo de comunicación para garantizar la correcta recepción/transmisión de la información.
- Software del SAD: es un programa que se ejecuta en la computadora para controlar el sistema. Entre sus funciones están: configurar el hardware, obtener la información, almacenar y analizar los datos obtenidos. Dichas funciones suelen variar de acuerdo al ámbito del SAD. Este programa se puede desarrollar en cualquier lenguaje de programación, por ejemplo: Java, Visual Basic, Visual C++, Pascal, etc. también existen otras herramientas para este fin como lo son LabView y MatLab.

Los SAD son utilizados en diversos ámbitos de la vida cotidiana como suele ser la industria, la medicina, la educación, entre otros. Por lo cual, las características de un SAD varían de acuerdo al ámbito en el que se utilizará, es decir, que puede variar el número de canales disponibles, la tasa de transmisión, el procesamiento de los datos, etc.

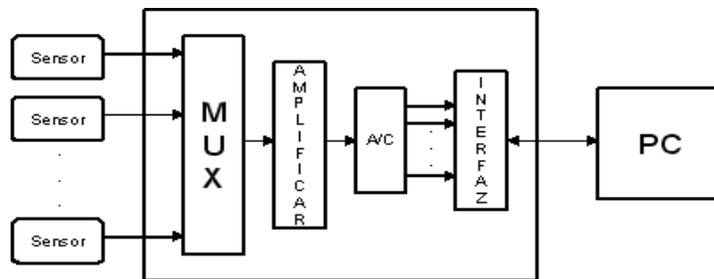


Fig.1: Diagrama de bloques de un SAD.

Dentro del ámbito educativo, varios SAD están orientados para servir como una herramienta de apoyo en la aplicación del método científico experimental, en específico para la obtención y análisis de los datos en diversos experimentos.

### *Método científico experimental*

Existen diferentes conceptos del método científico: “conjunto de pasos fijados de antemano por una disciplina con el fin de alcanzar conocimientos válidos mediante instrumentos confiables”, “secuencia estándar para formular y responder a una pregunta”, “pauta que permite a los investigadores ir desde el punto A hasta el punto Z con la confianza de obtener un conocimiento válido”. En otras palabras, es el conjunto de pasos que trata de protegernos de la subjetividad del conocimiento.

El método científico debe de contar con los siguientes pasos:

Observación: observar es aplicar atentamente los sentidos a un objeto o a un fenómeno, para estudiarlos tal como se presentan en realidad.

Inducción: acción y efecto de extraer, a partir de determinadas observaciones o experiencias particulares, el principio particular de cada una de ellas.

Hipótesis: planteamiento mediante la observación siguiendo las normas establecidas por el método científico.

Probar la hipótesis por experimentación.

Verificación o refutación (antítesis) de la hipótesis.

Replicación: tesis o teoría científica (conclusiones).

Se debe tener en cuenta que en cualquier área del conocimiento científico el interés radica en poder plantear hipótesis, leyes y teorías para alcanzar una comprensión más amplia y profunda del origen, desarrollo y transformación de los fenómenos y no quedarse solamente con los hechos empíricos captados a través de la experiencia sensible.

Una de las variantes del método científico es el denominado *método científico experimental*, que suele ser utilizado por las ciencias actuales como la Física, la Química, la

Biología, la Termodinámica, etc. las cuales requieren de demostrar sus postulados. Por lo tanto, es necesario reproducir el fenómeno u objeto de estudio bajo condiciones controladas (definición de las variables involucradas) y obtener mediciones para su análisis.

Para la aplicación del método científico experimental, se deben realizar cinco pasos fundamentales:

1. Planteamiento del problema y su delimitación. Es el punto de partida, ya que surge a raíz de una dificultad, la cual se origina a partir de una necesidad, en la que aparecen dificultades sin resolver que pueden ser teóricas o prácticas.
2. Establecimiento de hipótesis y definición de las variables que inciden en el problema. Se entiende como la realización de predicciones donde se busca explicar cómo o por qué sucede un fenómeno, y su comprobación o negación a través de la experimentación. Al generar la hipótesis se debe involucrar las variables del fenómeno ya sean cualitativas o cuantitativas e indicar en cierta forma cómo se espera que estén relacionadas
3. Diseño del experimento. Procedimiento para comprobar la hipótesis o preguntas experimentales formuladas. En la elaboración del experimento, se debe escoger el procedimiento que se va a usar y los instrumentos de medida capaces de medir y controlar las variables del fenómeno u objeto a estudiar.
4. Realización del experimento. En la ejecución del experimento y después de haber realizado un ensayo, se tabulan los datos obtenidos en las mediciones realizadas, detectando cualquier incoherencia que se presente durante el desarrollo.
5. Análisis de los resultados obtenidos y generación de las conclusiones. El análisis o interpretación de los resultados, ya sean valores, gráficas, tabulaciones, etc., deben contestar lo más claramente posible la o las preguntas planteadas por el problema.

Por último, se genera el reporte en el cual se debe establecer claramente cada una de las etapas anteriores, así como los resultados obtenidos, las conclusiones, los anexos y la bibliografía.

Dentro del proceso de experimentación es de vital importancia la definición adecuada de la o las variables independientes, este tipo de variable resulta ser de interés para el investigador por ser la variable que se hipotetiza, que será una de las causas que producen el efecto supuesto. Para obtener respuesta en la relación entre variables (independiente-dependiente) el investigador manipula la variable independiente y observa si la dependiente varía o no. Se entiende por manipular, hacer variar o dar diferentes valores a la variable independiente.

Otra de las actividades importantes en este proceso es la medición de la respuesta obtenida de la variable dependiente. La medición debe ser válida y confiable ya que si no se tiene la certeza de que la medición es correcta, los datos obtenidos no servirán.

En el planteamiento de un experimento se debe precisar como se deberá manipular las variables independientes y como se medirán las dependientes. También es necesario determinar los instrumentos de medición adecuados con los que se obtendrán las mediciones, es decir, determinar que la escala sea la adecuada, que el error de medición sea el mínimo posible, que cuente con una buena graduación, etc.

En esta etapa es donde se suele utilizar los SAD, ya que con estos se reduce la introducción de errores en la medición de los datos. Los errores descartados son los generados por los factores humanos que suelen ser: error en la apreciación del valor obtenido debido a la graduación del instrumento, la lectura no se realiza en el tiempo adecuado, al registrar el valor no se tomen las unidades adecuadas o no se trunque el valor obtenido, etc.

Por lo tanto los SAD proporcionan una gran confiabilidad en el proceso de medición, al igual que en el proceso de análisis de los datos obtenidos.

### *Análisis de datos*

Es el proceso en el que se hace la recopilación y organización de los datos con el objeto de poder identificar patrones y tendencias de estos. Se hace uso de la *Estadística* para obtener ciertos parámetros estadísticos, los cuales proporciona una pauta para la aceptación o refutación de la hipótesis planteada.

Los parámetros estadísticos que se suelen obtener se clasifican en dos grupos: estadísticos de centralización y los de dispersión. Los valores del primer grupo señalan al centro de los datos en estudio, contiene los parámetros de: la media aritmética, la media ponderada, la moda, la mediana y la media geométrica. Los valores del segundo grupo proporcionan información referente a la dispersión de los datos de acuerdo a la media obtenida, estos parámetros son: el rango, la varianza, la desviación estándar, covarianza y el coeficiente de correlación de Pearson.

Otra forma de representar los resultados obtenidos, es por medio de gráficas. Las graficas más utilizadas, en el análisis de variables numéricas continuas son: histogramas, polígonos de frecuencia, diagramas de caja (percentiles) y diagramas de dispersión.

Otro tipo de análisis es el denominado *análisis de regresiones* en el cual se obtiene un modelo matemático que puede representar la relación (si existe) entre dos variables en estudio.

## ***Definición del Problema***

En el Laboratorio de Electrónica del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET) de la UNAM, se desea implementar un sistema que agilice el proceso de análisis de datos dentro del método científico experimental, es decir, que agilice la adquisición, tabulación, graficación y análisis estadísticos de una serie de datos que representa el comportamiento de las variables en estudio de un fenómeno ó problema.

El sistema está compuesto de tres partes, la primera es un conjunto de once instrumentos de medición en módulos separados, los tipos de instrumentos disponibles para el sistema son:

Voltímetro	Termómetro
Óhmetro	pH-metro
Amperímetro	Manómetro
Inductómetro	Capacitometro
Decibelímetro	Frecuencímetro
Fotómetro	

Cada uno de estos instrumentos de medición cuenta con un sensor adecuado, un conjunto de botones para elegir la escala de medición adecuada, un botón de encendido apagado y un conector DB25 que se utiliza para conectar el instrumento a un módulo de adquisición. Estos instrumentos ya han sido desarrollados en el Laboratorio de Electrónica del CCADET.

La segunda parte del sistema es un Módulo de Adquisición, el cual se encargará de recibir las señales analógicas provenientes de los instrumentos de medición, con la capacidad de recibir hasta cuatro señales simultáneamente, convirtiéndolas a formato digital de 12 bits con signo, posteriormente las envía a una computadora personal por medio de un cable USB (Universal Serial Bus).

La tercera parte del sistema, tema de esta tesis, es un software que controle el sistema, desde el cual se podrá iniciar la adquisición de un conjunto de datos proveniente del Módulo de adquisición, realizar el análisis estadístico de los datos, imprimir y guardar los datos.

### *Diagrama general de bloques*



A continuación se menciona las funciones y características deseadas para el software.

### *Características del software*

Se desea que el programa tenga una interfaz gráfica de usuario de fácil uso y que trabaje en los sistemas operativos Windows 98, ME y XP. Preferentemente en el último. Debido a que se cuenta con la herramienta de programación Visual Studio.NET 2003 en el Laboratorio de Electrónica, se pide que el programa se realice con esta herramienta.

Que cuente con las funciones y recursos necesarios para controlar la adquisición de datos desde el módulo de adquisición, configurar el módulo, obtener los datos, generar su gráfica y almacenar los datos temporalmente. La comunicación será vía puerto USB.

Ya obtenidos los datos, se desea poder trabajar con ellos, es decir, realizar análisis estadísticos, como puede ser el calcular los parámetros de algunas curvas de regresión para obtener un modelo matemático que describa el comportamiento de las variables en estudio. También se requiere de la opción de imprimir, guardar y consultar los datos a futuro. Para realizar las tareas antes mencionadas, se han propuestos los siguientes procesos:

#### *Adquisición de Datos desde el Módulo de adquisición*

En esta actividad se desea obtener una serie de datos  $(x, y)$  para cada uno de los instrumentos seleccionados. Para ello, el usuario elegirá el ó los instrumentos que utilizará y los conectará al módulo de adquisición, posteriormente conectará el modulo a la fuente de voltaje y a la computadora vía cable USB. Hecha la conexión física, se deberá controlar el proceso de adquisición a través del software a diseñar. Por medio de éste, el usuario podrá proporcionar los parámetros de control necesarios para configurar el módulo de adquisición, podrá elegir la representación visual de los instrumentos seleccionados y por último, iniciar la adquisición. También se desea tener la posibilidad de parar el proceso de adquisición prematuramente. Como resultado de esta actividad, se desea tener la gráfica de cada instrumento y la posibilidad de realizar el análisis estadístico con los datos obtenidos.

#### *Guardar serie de datos*

El objetivo es tener un respaldo en archivo de una serie de datos  $(x, y)$  para poder consultarlos posteriormente.

#### *Obtener datos desde archivo*

El objetivo es consultar una serie de datos  $(x, y)$  previamente guardados en un archivo. Una vez obtenidos los datos desde el archivo, se desea tener un área de trabajo con la gráfica de los datos y su tabla, con la posibilidad de generar las curvas de regresión y de poder modificar los valores de los datos.

#### *Introducir datos manualmente*

Se desea que el usuario pueda introducir los valores para las variables  $X$  y  $Y$  de una serie de datos  $(x, y)$  para realizar con ellos análisis estadístico como en el caso de las otras dos fuentes mencionadas (Módulo y Archivo).

### *Realizar análisis estadístico*

Se requiere obtener los parámetros de las curvas de regresión lineal, exponencial, logarítmica y potencial. Para realizar el cálculo de parámetros de curvas con los datos obtenidos desde el módulo de adquisición, se desea que se puedan obtener dichos parámetros para cada uno de los instrumentos o combinación entre dos instrumentos.

Lo anterior representa los procesos y características deseadas para el software a desarrollar. En el capítulo siguiente, se ampliará y detallará las características reales del sistema, en el apartado “Análisis de Requisitos”.

# *Capítulo I*

## *Análisis de Requisitos*

El objetivo es desarrollar una herramienta computacional que controle la adquisición de una serie de datos provenientes de tres fuentes: Hardware (Módulo de Adquisición MA), archivo y teclado. Una vez obtenidos los datos se podrán realizar análisis estadísticos, graficar, guardar e imprimir; todo esto desde una interfase gráfica de usuario que trabaje sobre el sistema operativo Windows XP.

### Requisitos funcionales

Los requisitos funcionales son aquellos que describen una actividad o tarea que deberá realizar el sistema, los requisitos de este tipo dentro del sistema son:

#### *Adquirir una serie de datos desde el Módulo de Adquisición (MA)*

Para poder obtener datos desde esta fuente se requiere: obtener del usuario los parámetros de adquisición necesarios para configurar el MA, establecer comunicación con el MA para la configuración de éste y la obtención de datos, determinar cuales son los instrumentos de los que se obtendrán los datos, generar las gráficas de cada instrumento y detener el proceso de adquisición prematuramente.

#### *Parámetros de adquisición (R02)*

Los parámetros de adquisición necesarios son: el tiempo entre muestras, el cual es un número entero que determina el tiempo que debe pasar entre cada muestra que se va a obtener, este valor está en el intervalo de 0.001 a 3600 segundos. Número de muestras, es el número entero que determina la cantidad de muestras que se obtendrán por instrumento, el valor máximo será de 10000 datos por instrumento. El último parámetro es el puerto serie que se utilizará para la comunicación PC-MA.

#### *Establecer comunicación con el MA (R03)*

Como se mencionó anteriormente, la comunicación PC-MA se realizará a través de un cable USB, éste es representado del lado de la PC como un puerto virtual COM, por lo tanto, se requiere que su manejo sea como un puerto COM. Para configurar el MA se requiere enviar el número de canales que se utilizarán, el número de cada uno de los canales ocupados, el número de muestras y el tiempo entre muestras; para los dos últimos parámetros, el formato es un número hexadecimal con una precisión de cuatro bytes, para los otros es un número entero de un byte (ver protocolo de comunicación).

#### *Lectura de información proveniente del MA (R04)*

Se desea que una vez configurado el MA se inicie la lectura de la información de la cual se obtendrán los datos (valor real) provenientes del MA. Durante el proceso de lectura se

requiere que se genere la gráfica para cada uno de los instrumentos seleccionados, en tiempo real. Para ello se requiere de una representación visual de los once instrumentos de medición disponibles en el sistema, su representación deberá ser similar a la de los instrumentos físicos, agregando un área de graficación y un display para mostrar el valor de los datos. Se entiende por graficación en tiempo real que el proceso de adquisición y graficación no debe tardar más del tiempo establecido por el número de muestras a obtener, multiplicado por el tiempo entre muestras, es decir, si se van a obtener 20 muestras cada segundo; el tiempo total del proceso deberá ser de 20 segundos. Para la gráfica de los IV, en el eje horizontal se acotará el tiempo y en el eje vertical el valor obtenido.

Terminada la adquisición se requiere almacenar temporalmente los datos obtenidos para poder trabajar con estos posteriormente (guardar, imprimir y realizar análisis estadístico).

*Elegir la representación visual de los instrumentos con los que se trabajará. (R05)*

Debido a que el MA no tiene forma de comunicarle al software qué instrumentos han sido conectados, ni en qué canal del módulo, es necesario tener dentro del software la posibilidad de elegir la representación visual de los instrumentos (IV) que se utilizarán y a su vez determinar el canal de comunicación en el cual han sido conectados los instrumentos físicamente. El objetivo de esta operación es mostrar el o los IV's en pantalla para que al momento de la adquisición se observe la gráfica de los datos obtenidos.

*Detener el proceso de adquisición. (R06)*

Se requiere que durante el proceso de adquisición se tenga la opción de cancelar éste. También se desea que se detenga el proceso de adquisición en el caso de no detectar el MA.

Otra de las funciones requeridas en el sistema es la adquisición de datos desde archivo y desde el teclado.

*Adquirir datos desde Archivo. (R07)*

Este requisito tiene la finalidad de consultar los datos previamente guardados. Como resultado de esta acción, se desea obtener la tabla con los datos al igual que su gráfica, con la posibilidad de poder cambiar algún valor (edición) de los datos. También se pretende realizar análisis estadísticos con los mismos.

*Adquirir datos desde el teclado. (R08)*

Se pretende que el usuario tenga la posibilidad de introducir los valores que representen a las variables (x, y) por medio del teclado; para tal tarea se pide que el programa cuente con la forma de presentarle al usuario una tabla con columnas para introducir los datos. Al momento de introducir los valores se deberá generar la gráfica. Después de haber introducido más de dos datos, se desea que se tenga la posibilidad de trabajar con estos como en las otras dos fuentes.

Hasta este punto se han mencionado los requisitos que describen la adquisición de datos, ahora se mencionarán los requisitos funcionales relacionados con los procesos que permiten trabajar con los datos. Las funciones son: realizar análisis estadístico, imprimir y guardar.

*Análisis estadísticos. (R09)*

Para cada serie de datos, se requiere obtener la media, la varianza, la desviación estándar, el máximo y el mínimo de los valores de la variable independiente.

Para cada serie de datos, el usuario podrá obtener los parámetros de las curvas de regresión lineal, exponencial, logarítmica y potencial así como su coeficiente de correlación. Al momento de obtener los parámetros de una curva de regresión, se deberá generar la gráfica de la curva de regresión. Las ecuaciones de las curvas de regresión propuestas son:

**Lineal**

$$y = a + bx$$

**Logarítmica**

$$y = a + bLn(x)$$

**Exponencial**

$$y = a e^{bx}$$

**Potencial**

$$y = ab^x$$

En el caso de la adquisición desde el MA, se requiere que el análisis estadístico se pueda realizar por instrumento o por la combinación de dos instrumentos. Para el análisis por instrumento la variable independiente será el tiempo y la variable dependiente será el valor obtenido, para el análisis entre los valores de dos instrumentos, se requiere que el usuario tenga la posibilidad de elegir qué valores de un instrumento fungirán como variable independiente y cuales como dependiente.

*Imprimir Tabla o Gráfica. (R10)*

Con esta opción se pretende que el usuario obtenga una impresión de la tabla ó la gráfica de los datos.

En el caso de que se desee tener la impresión de la tabla de datos, en esta impresión se deberá contar con la siguiente información:

- Nombre de la fuente: si los datos a imprimir provienen de un instrumento la fuente sería el nombre del instrumento, en el caso de que la fuente sea un archivo, el nombre será el nombre del archivo y para la adquisición desde el teclado la fuente será “manual”.
- Encabezados de las columnas de las tablas: depende de la fuente, por ejemplo, si la fuente es un instrumento, los encabezados serán en X el tiempo y en Y la unidad de medición del instrumento o si se trabaja con una combinación de instrumentos, los encabezados serán la unidades de los instrumentos en cuestión.
- Lista con los datos: se requiere que la longitud de los valores de los datos tengan una precisión máxima de cuatro unidades después del signo. Si el valor numérico es muy largo, se deberá utilizar una notación científica como la siguiente  $\pm### \times E \pm###$ .

En el caso de que se desee imprimir la gráfica, la gráfica que se deberá imprimir será la de la fuente actual.

#### *Guardar datos en archivo. (R11)*

El objetivo de esta función es tener una copia de los datos obtenidos en un archivo de texto plano para futuras consultas. Se desea que el usuario pueda elegir el nombre del archivo y el dispositivo de almacenamiento destino.

#### Requisitos no funcionales

Los requerimientos no funcionales son aquellos que imponen restricciones en el diseño ó la implementación.

#### *Interfaz gráfica de usuario (ergonómicos R12)*

Se requiere que el programa cuente con una ventana principal desde la cual se pueda acceder a cada una de las funciones del sistema, que tenga un área de trabajo en la cual se muestren todas las ventanas secundarias que complementen la interfaz.

#### *Representación gráfica de los instrumentos de medición. (R13)*

Se requiere que la representación visual de cada instrumento cuente con un botón de encendido- apagado, un área de graficación, un display y un conjunto de botones de escala.

Los ejes de la gráfica serán, el tiempo en el eje X y el valor obtenido en el eje Y. El display deberá contar con un botón para cambiar de dato. El número de botones de escala y sus unidades, por instrumento, se muestra en la siguiente tabla.

<b>Instrumento de Medición</b>	<b>Unidad</b>	<b>Botones de escalas</b>
Amperímetro	Amper [A]	20 [mA], 200 [mA], 2 [A]
Voltímetro	Volt [V]	2 [V], 20 [V], 200 [V]
Óhmetro	Ohm [ $\Omega$ ]	20 [ $\Omega$ ], 200 [ $\Omega$ ], 2 [K $\Omega$ ], 200 [K $\Omega$ ], 2 [M $\Omega$ ]
Inductómetro	[H]	200 [mH], 20 [mH], 2 [mH]
Decibelímetro	Decibeles [dB]	100 [dB]
Fotómetro	Luxes [luxes]	10 [Luxes]
Termómetro	Grados Celsius [°C]	0 - 100 [° C]
pH-metro	[pH]	14 [pH]
Manómetro	[psi]	100 [psi]
Capacitómetro	Faradios [F]	200 [ $\eta F$ ], 2 [ $\mu F$ ], 20 [ $\mu F$ ]
Frecuencímetro	Hertz [Hz]	20 [Hz], 20 [Khz.], 2 [MHZ]

Se desea que la representación visual de los instrumentos sea similar a la de un osciloscopio.

*Ventana para introducir los parámetros de adquisición. (R14)*

Para poder introducir los valores de parámetros de adquisición, se requiere que se muestre al usuario una subventana con los campos necesarios para cada uno de los valores referentes al tiempo entre muestras, número de muestras y el puerto serie.

*Ventana para elegir instrumento virtual y canal. (R15)*

De acuerdo al requisito R05, se desea contar con una ventana para realizar esta tarea, en la cual se muestre el nombre de los once instrumentos, así como los cuatro canales para realizar la elección de un instrumento y la asignación a su canal.

*Ventana para imprimir. (R16)*

El objetivo de esta ventana es presentarle al usuario la opción de imprimir la tabla ó la gráfica de los datos. Si el usuario está adquiriendo datos desde el MA y cuenta con más de un IM, los datos a imprimir serán aquellos que el usuario haya elegido seleccionando la representación visual del instrumento.

*Ventana de trabajo para realizar el análisis estadístico. (R17)*

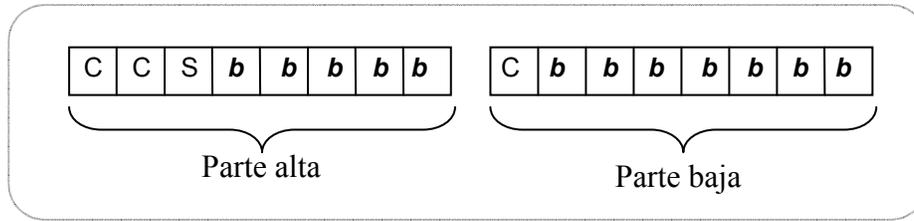
Para realizar el análisis estadístico de los datos se requiere de una ventana que tenga los siguientes elementos: una tabla donde se carguen los valores de las variables con las que se realizará el análisis; un área de graficación en la cual se graficarán los valores obtenidos, así como las gráficas de las curvas de regresión que el usuario elija; un área para mostrar los valores estadísticos calculados, así como los parámetros de las curvas de regresión que se hallan obtenido, y una barra con los comandos para obtener los parámetros de las curvas de regresión. Se requiere que al momento de obtener los parámetros de alguna curva, se genere su gráfica.

Para el caso de la adquisición de datos desde el MA, se requiere agregar un área adicional desde la cual se pueda elegir si el análisis se realizará por instrumento ó por combinación de instrumentos. También se deberá contar con la opción de elegir el ó los instrumentos con los que se trabajará.

*Requisitos de interfase*

*Datos de entrada desde el MA. (R18)*

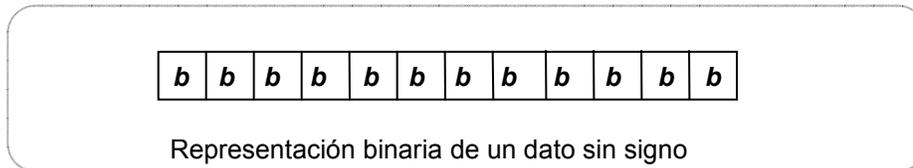
Un dato proveniente de esta fuente tiene una precisión de doce bits más un bit de signo. El MA envía a la PC dos bytes que contienen la información del dato, de la siguiente forma:



Esquema de un dato de entrada desde el MA

Los cinco bits menos significativos del byte de la parte alta forman parte del dato junto con los siete bits menos significativos de la parte baja. Por su parte los dos bits más significativos de la parte alta y el bit más significativo de la parte baja son bits de control, de acuerdo al protocolo de comunicación. El bit seis de la parte alta es el bit de signo, si esta en alto ( $S = 1$ ) el signo es negativo de lo contrario ( $S = 0$ ) es positivo.

Para obtener el valor numérico del dato, se unen ambas partes eliminando los bits de control y signo, dando como resultado un número de doce bits:



Representación binaria de un dato sin signo

Por lo tanto, los datos estarán dentro el intervalo de -4096 a 4095. En el caso de que el dato sea negativo se deberá obtener su complemento a dos para obtener el valor entero real.

Para adecuar el valor obtenido con respecto a la escala seleccionada de un instrumento, se realizará una conversión del dato, considerando que la escala elegida equivale al valor máximo que puede tener el dato. Por lo tanto se tiene la siguiente relación:

$$\begin{aligned} \text{escala\_elegida} &\Rightarrow \text{valor\_máximo} \\ \text{valor\_real} &\Rightarrow \text{dato\_obtenido} \end{aligned}$$

por lo tanto

$$\text{valor\_real} = \frac{\text{dato\_obtenido} \times \text{escala\_elegida}}{\text{valor\_máximo}}$$

donde  $\text{valor\_máximo} = 4095$

*Datos de entrada desde archivo. (R19)*

Se requiere leer un archivo de texto plano el cual contenga la lista de los valores de las variables X, Y. Se desea que los valores tengan una precisión de seis cifras después del punto decimal.

*Datos de entrada desde el teclado. (R20)*

Son números decimales introducidos por el usuario.

*Protocolo de comunicación PC- MA. (R21)*

Para iniciar la comunicación PC-MA se requiere del siguiente protocolo de comunicación.

- i. El programa envía saludo, representado por el carácter ‘H’ y espera a recibir respuesta.
- ii. EL MA envía respuesta de saludo al programa, la respuesta de saludo está representada por el carácter ‘h’.
- iii. Si el programa recibe el carácter ‘h’, procede a enviar la información para configurar el MA, es decir, envía el número de canales que se utilizarán representado por un carácter ASCII, el número de cada uno de los canales a utilizar que también tienen una representación de carácter ASCII, el número de datos que se obtendrán y el tiempo entre muestras, ambos en formato hexadecimal con una precisión de cuatro bytes. Si no se recibió el carácter ‘h’ se termina el proceso.
- iv. El MA inicia el envío de información al programa, en intervalos de tiempo establecido por el tiempo entre muestras. Para cada byte de los dos que forman un dato, el MA pone en cero el bit más significativo indicando que es dato.
- v. El programa recibe la información y verifica si son datos.
- vi. Los puntos iv y v se repiten hasta terminar de recibir el número de muestras. Si se termina el proceso prematuramente, el programa envía el carácter ‘f’ para indicar al MA que se detenga.

*Datos de salida para la impresión de los datos. (R22)*

Se requiere que la impresión de la tabla y la gráfica sea lo más legible y óptima para su impresión en blanco y negro

*Requisitos de entorno*

Se requiere que el sistema trabaje en el sistema operativo Windows XP y se desarrolle bajo el ambiente de trabajo del programa Visual Studio 2003. (R23)

En el apéndice A, tabla 1 se muestran los requisitos anteriores y complementarios.

## Capítulo II

### **Diseño e implementación del Software para la adquisición, graficación y análisis de datos experimentales SAGADE**

#### ***2.1 Descripción general del programa***

Como se mencionó en la análisis de requisitos, el programa tiene como objetivo obtener una serie de datos (X, Y) de tres fuentes diferentes: módulo de adquisición (hardware), archivo y teclado; destacando la adquisición desde el módulo. Posteriormente con los datos obtenidos se realizará el estudio estadístico, la graficación y la tabulación de los datos. También se podrá guardar e imprimir la tabla de los datos o su gráfica.

Para fines de diseño e implementación el sistema consta de tres etapas, en la primera se describen las acciones necesarias para iniciar la ejecución del programa, es decir, mostrar una pantalla de bienvenida, cargar la ventana principal y proporcionar al usuario la opción de elegir la actividad que requiera utilizar. En la segunda etapa se tratará lo relacionado con la adquisición de datos, esta etapa se divide en tres partes, una para el diseño de la adquisición desde el módulo, otra para la adquisición desde archivo y la última para la adquisición desde el teclado. En la tercera etapa se describirán las actividades necesarias para realizar el análisis estadístico de los datos, así como las tareas de guardar e imprimir.

La figura 2.1 muestra las actividades que el usuario podrá realizar en el programa.

La principal actividad del sistema es la adquisición de datos, por lo tanto, el usuario deberá elegir la fuente a utilizar; como se observa en el diagrama, cada una de las fuentes de datos tiene un conjunto de actividades a realizar.

Para el caso de la adquisición desde el módulo, es necesario que el usuario proporcione los parámetros de adquisición, elija el puerto serie que se utilizará para la comunicación PC-Módulo, realice la elección y asignación de un instrumento a un canal de comunicación dentro del programa y por último, inicie el proceso de adquisición. Durante el proceso de adquisición, se tendrá la opción de cancelar el mismo.

Para la adquisición desde archivo, el usuario tendrá la opción para elegir el nombre y ubicación del archivo que se utilizará. Y por último, para la adquisición desde el teclado, el usuario tendrá la opción de introducir los datos en una tabla por medio del teclado.

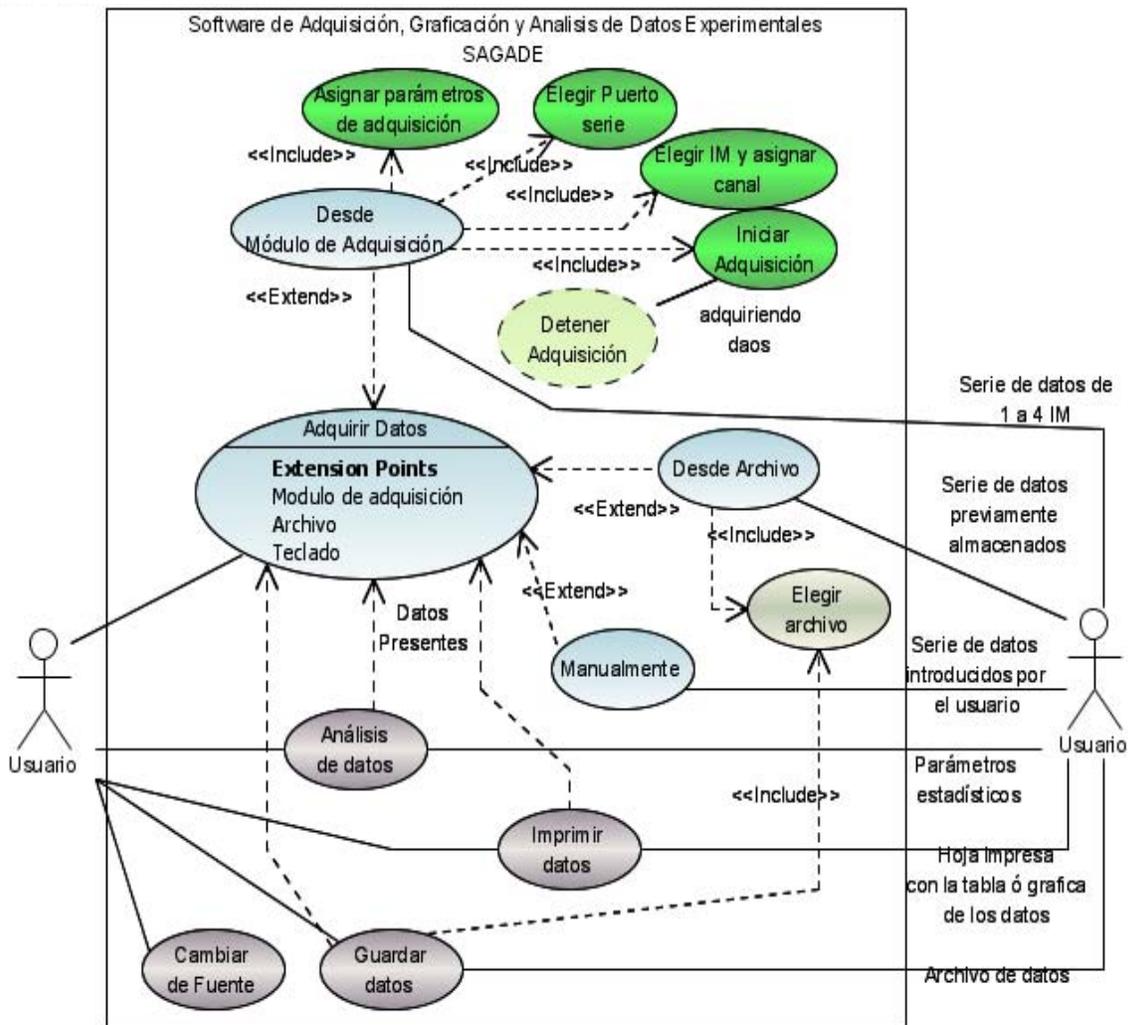


Fig. 2.1: Diagrama de casos de uso del sistema.

Cuando se haya adquirido una serie de datos, se activarán las funciones para realizar el análisis estadístico, guardar e imprimir, así como cambiar de fuente ó cerrar el programa.

El siguiente diagrama de actividades muestra la secuencia de cómo se realizará cada una de las tareas dentro del sistema de acuerdo a la fuente elegida.

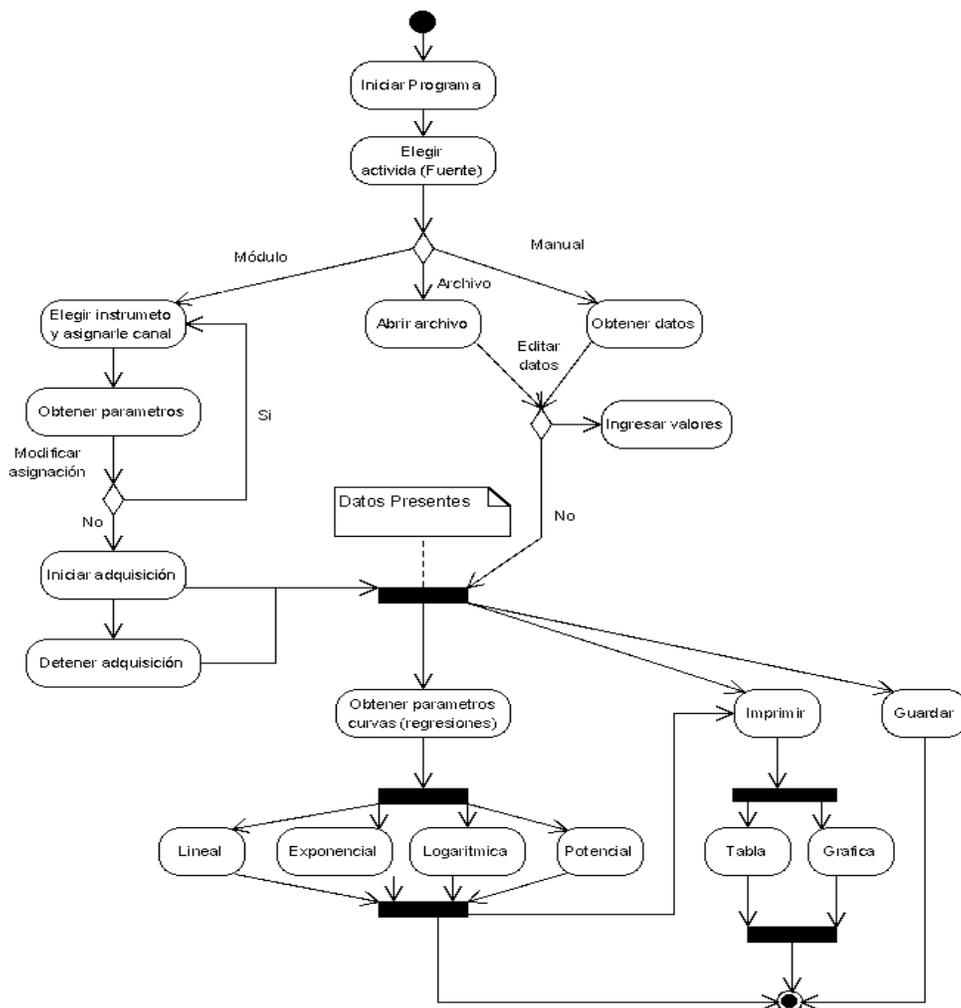


Fig. 2.2: Diagrama de secuencia de actividades

Para realizar cada una de las funciones establecidas, es necesario tener un conjunto de elementos que realicen una tarea específica en un momento determinado. La arquitectura del sistema proporcionará la información para determinar qué elementos se necesitarán durante el proceso de diseño e implementación.

### 2.1.1 Arquitectura del sistema SAGADE

Para realizar la arquitectura del programa, se utilizará la herramienta de diseño UML (Lenguaje de Modelado Unificado) y el lenguaje Visual Basic.NET debido a que estos están basados en el paradigma orientado a objetos.

El sistema tiene una clase principal, con la función de controlar la ejecución de cada una de las funciones del programa. Esta clase principal está compuesta por tres clases, la clase *Actividad*, la clase *GuardarDato* y la clase *Impresión*. La clase *GuardarDato* es la encargada de generar las funciones y objetos necesarios para guardar una serie de datos. La clase *Impresión* se encargará de generar la imagen que será impresa, ya sea la gráfica ó la tabla de una serie de datos.

Por su parte, la clase *Actividad* tendrá la función de crear los objetos necesarios para la actividad elegida por el usuario. Esta clase está compuesta por tres clases: la clase *Archivo*, la clase *Módulo* y la clase *Teclado*; cada una se generará de acuerdo a la actividad elegida.

La clase *Archivo* contendrá las funciones para obtener los datos desde archivo, la clase *Teclado* realizará la función de controlar la adquisición desde el teclado. La clase *Módulo* es una clase compuesta y tendrá la función de generar y controlar los objetos dentro del proceso de adquisición desde el módulo.

Las clases que componen a la clase *Módulo* son: *ParametrosAdq*, *Relacion\_IV-Canal*, *Instrumento*, *ControlAdq* y *Analizador*.

La clase *ParametrosAdq* tiene a su cargo obtener del usuario los parámetros de adquisición y proporcionarlos al sistema. La clase *Relacion\_IV-Canal* tiene la función de obtener el nombre de los instrumentos que se utilizarán y el canal donde fueron conectados cada uno de estos, además de generar la información necesaria para la configuración del módulo. La clase *Instrumento* se utilizará para generar la representación visual de los once instrumentos. La clase *ControlAdq* contendrá todas las funciones requeridas para establecer el control del puerto de comunicación, recibir la información del módulo, procesar la información y enviarla al instrumento correspondiente. Por último, la clase *Analizador* tendrá el objetivo de proporcionar al usuario las opciones para realizar el análisis estadístico de una serie de datos obtenidos desde el módulo.

Las clases mencionadas representan la composición del sistema<sup>1</sup>, los objetos de estas clases, serán parte de la interfaz gráfica de usuario, excepto la clase *Módulo*.

Las clases complementarias que forman parte del sistema son:

- La clase *Estadística*: tendrá la función de calcular los parámetros de las curvas de regresión así como los estadísticos pedidos.
- La clase *Puerto*: será la encargada de controlar el acceso al puerto serie. Entre sus operaciones, están, configurar, leer y escribir la información.
- La clase *Canal*: tendrá la función de almacenar la información de los objetos instrumentos, incluidos sus datos.
- La clase *Dato*: será la encargada de procesar la información recibida del Módulo para obtener los valores reales.
- La clase *Gráfica*: tendrá la función de generar la gráfica para cada objeto que requiera de una gráfica.
- La clase *Tabla*: tendrá la función de generar una tabla para una serie de datos (X, Y) para los objetos que la requieran.

El siguiente diagrama muestra la arquitectura del sistema, donde se muestra la relación de composición entre las clases y las clases complementarias del sistema.

1. La composición representa la forma de cómo van interactuando los objetos de las clases de acuerdo a la función realizada.

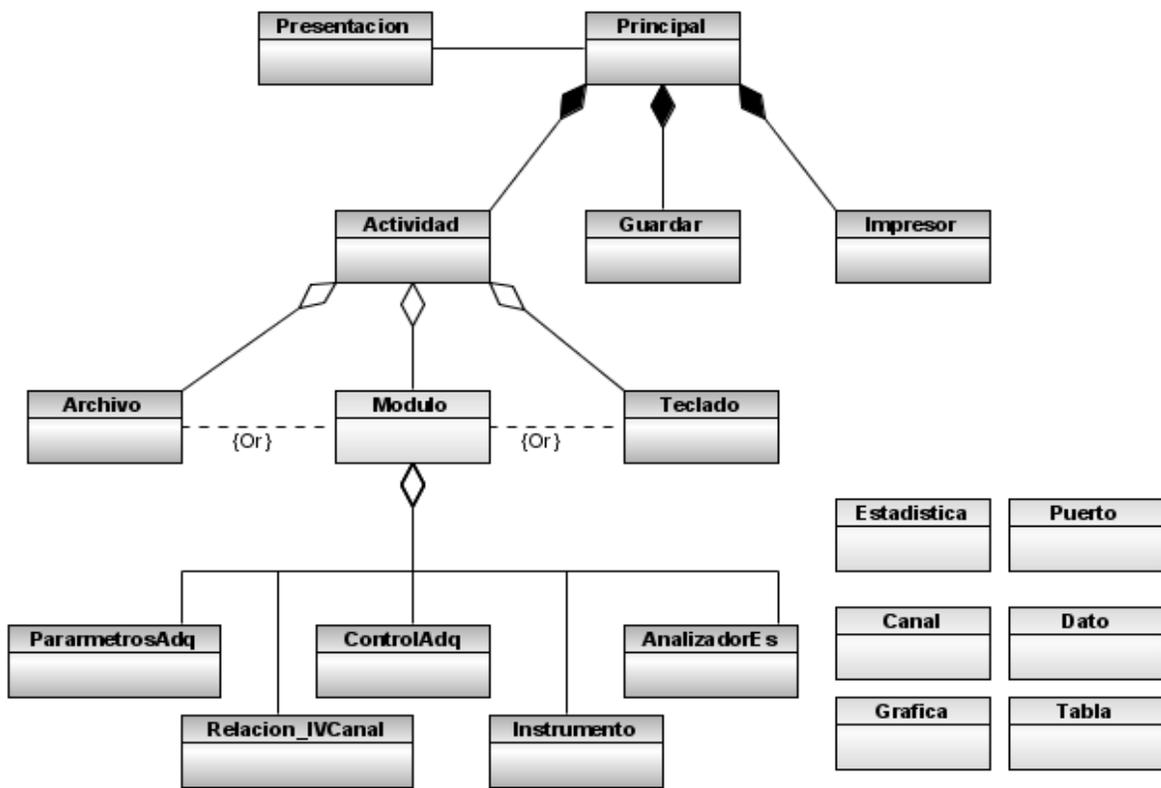


Fig. 2.3: Arquitectura del programa.

## 2.2 Diseño de la interfaz gráfica de usuario

### Fase I: Inicio de Programa

Al inicio del programa se mostrará una ventana de bienvenida con el logotipo del sistema, posteriormente se cargará la ventana principal. Una vez que se haya cargado la ventana principal, se cargará una ventana que contenga las tres fuentes, para que el usuario pueda elegir la fuente de la cual requiera obtener los datos.

#### 2.2.1 Ventana de presentación.

La presentación del programa, es una ventana personalizada con el logotipo del sistema “SAGADE” y el significado de éste, como se muestra en la siguiente imagen.

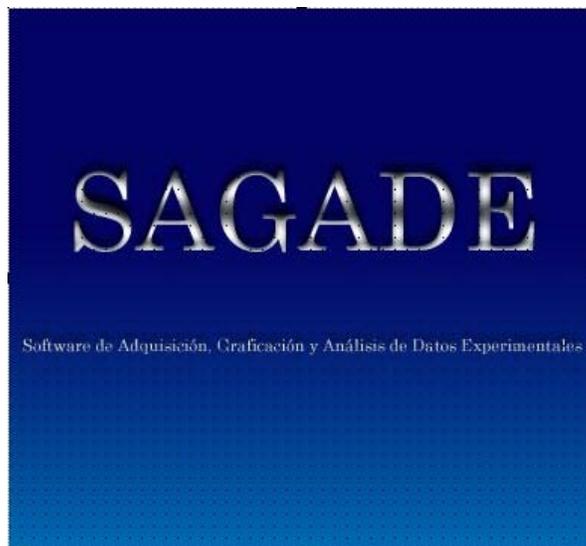


Fig. 2.4: Ventana de presentación.

#### 2.2.2 Ventana principal

Esta ventana contendrá un menú principal, barra de herramientas, área de trabajo y una barra de estado. Desde esta ventana se podrá acceder a cada uno de las funciones del programa por medio del menú principal y la barra de herramientas, por lo tanto, estos se actualizarán de acuerdo al estado del sistema.

El menú principal contendrá los siguientes menús:



Fig. 2.4: Menú principal.

Desde el menú archivo se podrá acceder a las siguientes funciones:

- Elegir actividad: esta opción le permitirá al usuario cambiar de fuente desde la cual se desee obtener una serie de datos.

- Guardar datos: guarda una serie de datos presente, para ello se muestra la ventana Guardar como... tradicional de Windows desde la cual se podrá proporcionar el nombre del archivo, ruta y el tipo de archivo.
- Imprimir: con esta opción se abrirá una ventana desde la cual se podrá elegir si se desea imprimir la tabla ó grafica de los datos presentes.
- Salir: termina la ejecución del programa.

El menú Instrumentos tendrá un submenú denominado “Agregar ó quitar instrumento”, con esta opción se cargará una ventana, desde la cual el usuario podrá elegir el (los) instrumento(s) de medición y asignarle un canal de comunicación a cada uno. Dentro de la adquisición de datos desde un módulo también se permitirá hacer cambios a las asignaciones previas.

El menú Configuración tendrá el submenú “Obtener parámetros...”, esta función abrirá una ventana de configuración para que el usuario pueda proporcionar los parámetros de adquisición y el puerto serie que se utilizará.

El menú ventana mostrará una lista de las subventanas que se estarán utilizando en el sistema, en el caso de la adquisición desde el módulo, este menú mostrará el nombre de los instrumentos en uso, para las otras dos fuentes mostrará el nombre de la ventana de trabajo según la fuente elegida.

La Barra de herramientas contendrá un conjunto de botones para acceder a las funciones presentes en la adquisición desde el módulo, esto con la finalidad de acceder de forma más rápida a éstas. Los botones presentes son:



Fig.2.5: Barra de herramientas con los comandos para la adquisición desde el módulo de adquisición.

- Parámetros: tendrá la misma función del submenú “Obtener parámetros...”.
- Iniciar: este botón iniciará la adquisición de datos desde el módulo de adquisición.
- Analizar datos: se abrirá la ventana de Análisis, desde la cual se podrá realizar el análisis estadístico de los datos obtenidos, ya sea por instrumento ó por una combinación de dos instrumentos.
- Regresar: con esta opción se cerrará la ventana de Análisis de datos y se volverá a mostrar los instrumentos de medición para poder obtener una nueva serie de datos.

El área de trabajo es el lugar donde se mostrarán las subventanas del sistema, la siguiente figura muestra una vista de la ventana Principal.

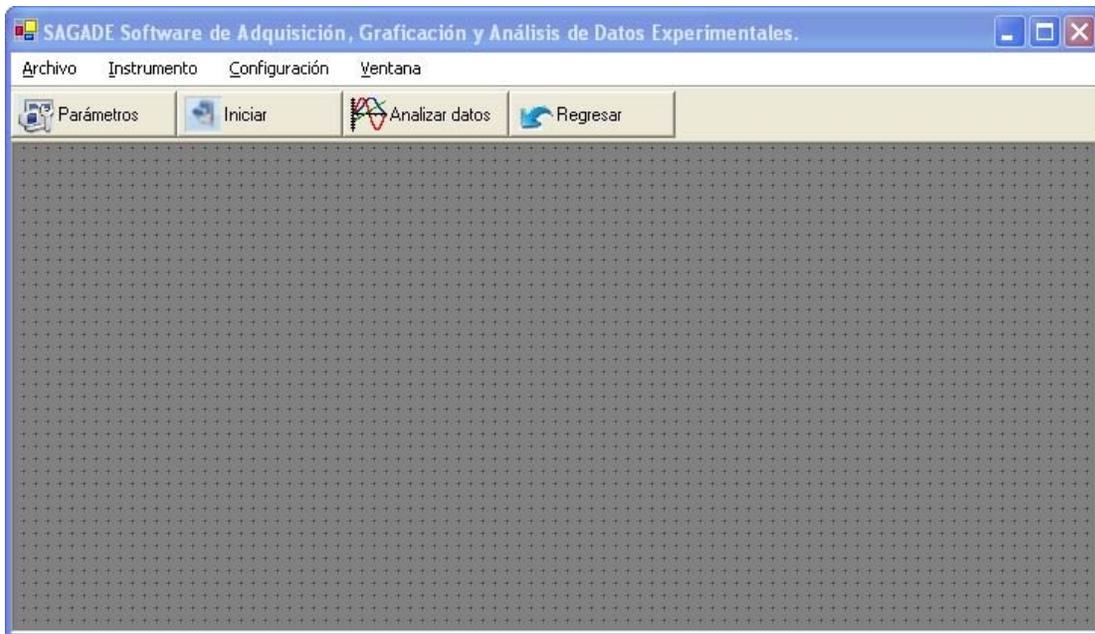


Fig. 2.6: Vista de la ventana principal.

### 2.2.3 Ventana elegir actividad

Esta ventana contendrá tres botones, cada botón tendrá una etiqueta con el nombre de la fuente de la cual se obtendrán los datos, también tendrá una imagen alusiva a la fuente que representa, como se muestra en la siguiente imagen. La función de esta ventana es obtener la fuente ó actividad elegida y almacenarla para posteriormente enviarla al objeto Principal.

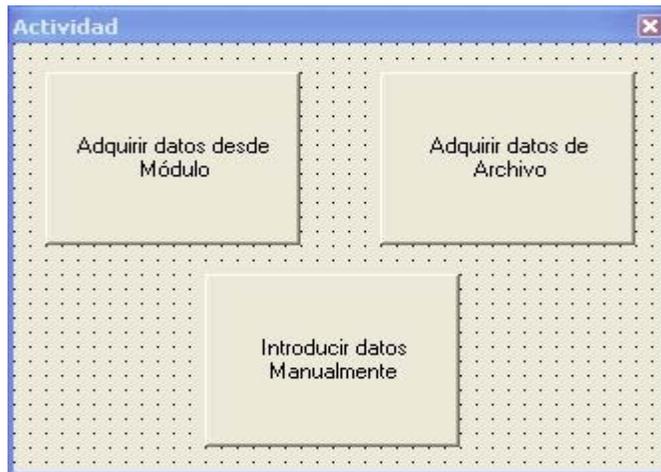


Fig. 2.7: Ventana para elegir una actividad.

Este conjunto de ventanas formarán la secuencia de inicio, dependiendo de la actividad elegida, las ventanas que complementarían la interfase dependerán de dicha actividad.

## ***Fase II: Adquisición de datos***

### Adquisición de datos desde el módulo

#### *2.2.4 Ventana para la elección de instrumento y asignación de canal*

Esta ventana estará compuesta por dos grupos de controles y un botón de Aceptar. El primer grupo (parte izquierda de la figura de abajo) tendrá cuatro etiquetas, cada una de estas representará a un canal de comunicación, de los cuatro disponibles por el módulo de Comunicación (Hardware) por lo cual, el texto a mostrar será el nombre del canal, si esta libre ó el nombre del instrumento asignado a ese canal. Del lado izquierdo de cada una de las etiquetas de canal, se tendrá un cuadro de selección que indicará el estado del canal, si el canal está libre, el cuadro estará vacío, de lo contrario mostrará una marca. Este cuadro se utilizará para quitar un instrumento de un canal.

El segundo grupo de controles, denominado “Instrumentos”, contendrá once etiquetas que representarán a un instrumento de medición. Las etiquetas contendrán un icono representativo del instrumento, así como su nombre. Para realizar una asignación, bastará con arrastrar la etiqueta de un instrumento hacia la etiqueta de un canal. El botón “Aceptar” tendrá la función de cerrar la ventana y enviar las asignaciones hechas al objeto Principal.

La siguiente imagen muestra el diseño de la ventana.



Fig. 2.8: Ventana para elegir un instrumento y asignarle un canal.

#### *2.2.5 Ventana instrumento de medición*

La ventana instrumento, estará compuesta de cinco campos: gráfica, botones de escala, display, botón de encendido y nombre del instrumento. La siguiente tabla muestra las características de cada campo.

Campo	Descripción
Gráfica	Muestra la grafica de los datos en tiempo real. El eje vertical representa el valor de los datos obtenidos de acuerdo a la escala elegida. La etiqueta de este eje será la unidad del instrumento. El eje horizontal representa el valor del tiempo en segundos.
Botones de escala	Es un conjunto de botones para elegir la escala con la cual se obtendrán los datos. El número de botones varía de acuerdo al instrumento. Ver requisito R13
Display	Muestra el valor numérico del dato actual. También cuenta con un control para consultar los valores obtenidos.
Encendido	Esta área contiene un botón de encendido/apagado.
Nombre	Contiene el nombre del instrumento y un par de botones para navegar en la gráfica. Para el caso de los instrumentos <i>amperímetro</i> y <i>voltímetro</i> se tendrá un botón para determinar el tipo de corriente eléctrica (DC ó AC).

La siguiente imagen muestra la representación de los instrumentos virtuales.

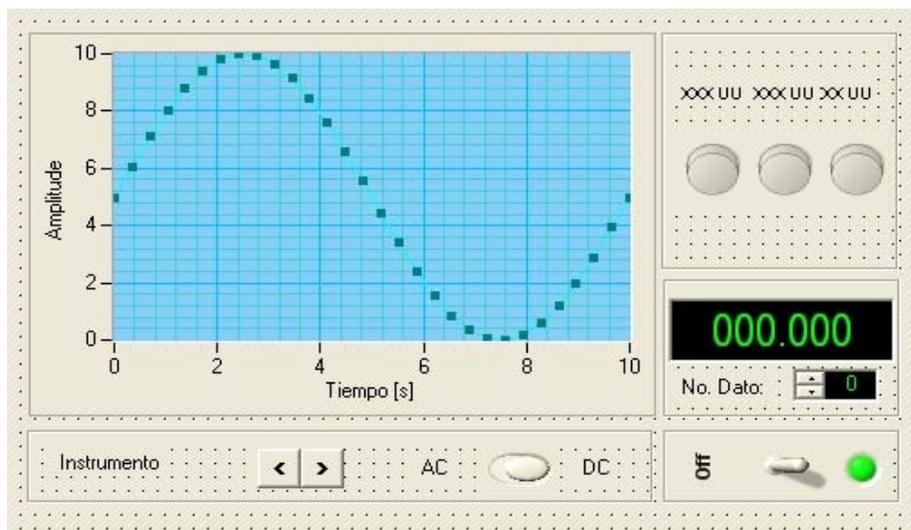


Fig. 2.9: Ventana Instrumento Virtual.

### 2.2.6 Ventana para obtener los parámetros de adquisición

Esta ventana le permitirá al usuario introducir los valores de los parámetros de adquisición. La ventana estará compuesta de dos paletas y un botón de aceptar.

La primera paleta estará dividida en dos áreas; en la primer área se tendrá un control de texto para que el usuario introduzca el tiempo entre muestras, en la segunda área el usuario podrá elegir si proporciona el número de muestras que se obtendrán o si se obtienen los datos en un intervalo de tiempo. Para ambos casos cada área tendrá un cuadro de texto para que el usuario introduzca el valor del número de muestras ó el intervalo de tiempo. Para el

segundo caso se contará con un conjunto de controles que determinen la unidad de tiempo en segundos ó minutos del intervalo de tiempo. La siguiente imagen muestra la ventana con la primera paleta.

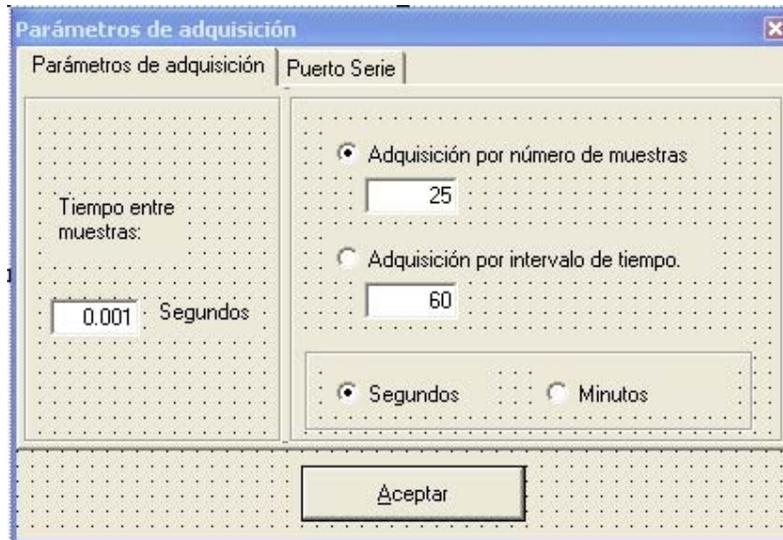


Fig. 2.10: Parámetros de adquisición.

La segunda paleta contendrá un control de lista y un botón para buscar los puertos serie disponibles en el sistema, a través del control de lista el usuario elegirá el puerto serie.

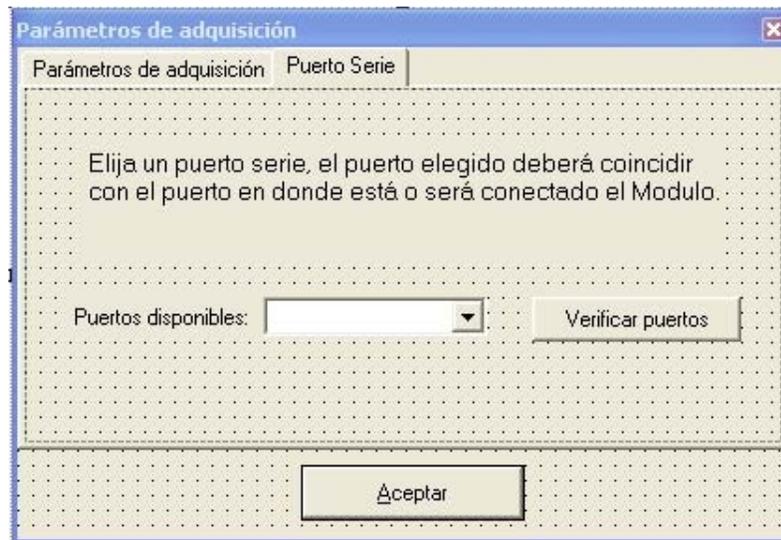


Fig. 2.11: Parámetros de adquisición: Elección del puerto serie.

La función del botón aceptar es enviar los valores de los parámetros de adquisición al objeto principal.

### 2.2.7 Ventana control de adquisición de datos desde el módulo

Esta ventana tendrá una etiqueta con la leyenda “Adquiriendo datos. Espere. . .”, una barra de proceso y un botón de cancelar.



Fig. 2.12: Ventana control de adquisición.

La función de esta ventana será la de controlar el proceso de adquisición de datos desde el módulo. La barra de procesos indicará que el sistema esta ocupado, el botón de “Cancelar” detiene el proceso de adquisición de datos retornando el control al objeto principal.

#### *2.2.7.1 Adquisición de datos desde archivo y teclado*

Para la adquisición desde archivo se proporcionará al usuario una ventana típica de Windows de “Abrir archivo . . .” para que elija el archivo. Posteriormente se cargará una ventana desde la cual podrá trabajar con los datos obtenidos. Para el caso de la adquisición de datos desde el teclado, se cargará una ventana con una tabla vacía para introducir los datos. La ventana de trabajo, para ambos casos, será la misma. La descripción de esta ventana se mencionará en la fase III denominada “Manejo de datos”.

### Fase III: Manejo de datos

#### 2.2.8 Ventana para el análisis de datos obtenidos desde módulo

Esta ventana estará dividida en cuatro áreas: tipo de análisis, estadísticos, parámetros de las curvas de regresión y tabla gráfica. En el área, “tipo de análisis”, se tendrá dos controles de selección para elegir si el análisis se realizará por instrumento ó por la combinación de dos instrumentos. Para el caso del análisis por instrumento, se tendrá un control de lista para elegir el instrumento con el que se trabajará. Para el análisis de dos instrumentos, se tendrá dos controles de lista, uno para elegir el instrumento que fungirá como variable independiente y el otro para elegir el instrumento que hará de variable dependiente. En este caso, se tendrá un botón para llenar la tabla y generar su gráfica. La siguiente figura muestra la distribución de la ventana.

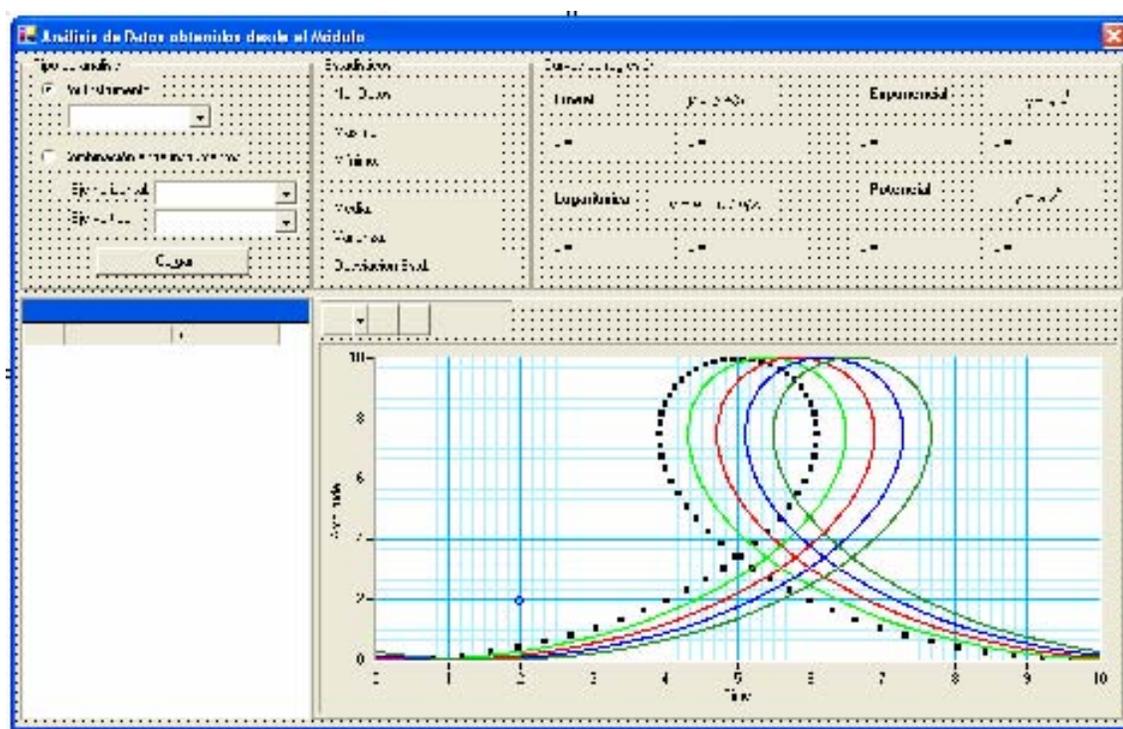


Fig. 2.13: Ventana para el análisis estadístico de los datos obtenidos desde el módulo.

En el área denominada “estadísticos”, se mostrará los valores de los estadísticos pedidos (requisito R09). Por su parte, en el área “parámetros de las curvas de regresión”, se tendrá el nombre y la ecuación de las cuatro curvas de regresión; así como los valores calculados de los parámetros de las curvas. La última área, tendrá una tabla con los valores de los datos y la gráfica de los mismos. También tendrá una barra de herramientas, desde la cual se podrá acceder a los comandos para obtener los parámetros de las curvas de regresión, así como para mostrar ó quitar una guía en la gráfica y navegar por la gráfica. El último comando sólo estará disponible en caso de que el número de datos sea muy grande (mayor a 250 datos).

### 2.2.9 Ventana de trabajo para las actividades adquisición de datos desde archivo y teclado

Esta ventana será muy similar a la ventana anterior, la diferencia radica en el área denominada “tipo de análisis”. Para este caso, esta área tendrá la información de la fuente actual, así como una barra de herramientas con los comandos para limpiar la tabla y la gráfica ó deshacer los cambios realizados. La siguiente imagen muestra una vista de la ventana de trabajo.

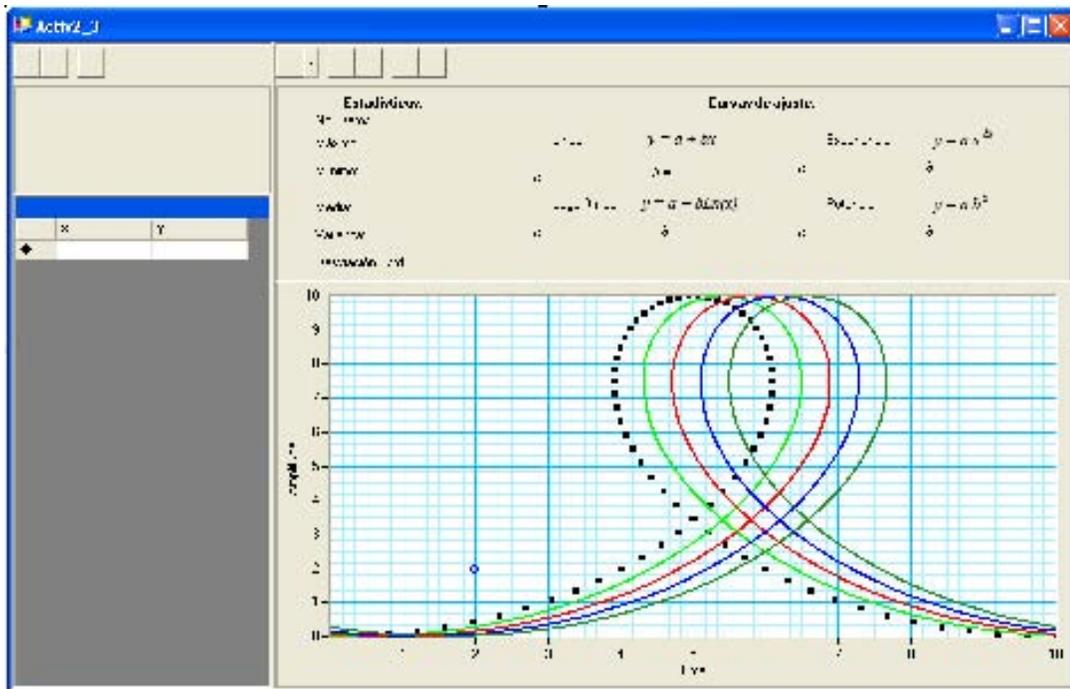


Fig. 2.14: Ventana de trabajo para la adquisición desde archivo y teclado.

Las otras áreas tienen la misma función que en la ventana para el análisis estadístico de los datos obtenidos desde el módulo.

### 2.2.10 Ventana para imprimir una serie de datos

Esta ventana tendrá una barra de herramientas con los comandos para elegir el tipo de impresión (gráfica ó tabla), obtener una vista previa del documento y enviar el documento a la impresora. También contará con un área para mostrar la gráfica que se imprimirá junto con las ecuaciones de las curvas de regresión obtenidas y sus parámetros.

Como se aprecia en la imagen de abajo, cuando se elija imprimir la gráfica, se tendrá la opción de aumentar el tamaño de esta, con el fin de obtener una mayor resolución en la impresión.

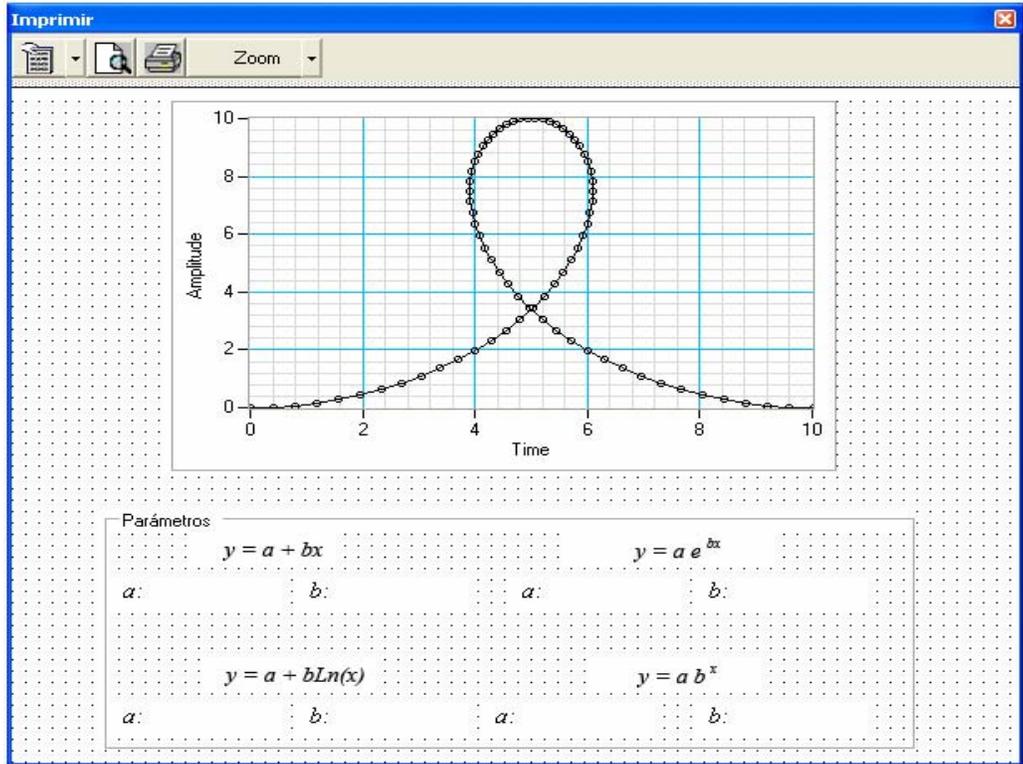


Fig. 2.13: Ventana para imprimir la tabla ó la gráfica de los datos

### 2.2.11 Ventana para guardar datos

Será la típica ventana del sistema operativo Windows de “Guardar como . . .”, desde la cual se podrá elegir el nombre y la ruta del archivo.

## Diseño e implementación de la fase I

### 2.3 Inicio del programa

En esta fase se describirán las actividades y elementos requeridos al inicio del programa. Para iniciar el programa, el usuario tendrá dos accesos, el primero estará en el menú “Todos los programas” y el segundo será un acceso directo en el escritorio.

Al iniciar el programa se requiere que se muestre la pantalla de presentación, posteriormente la ventana principal, la ventana para elegir una actividad (fuente de datos) y por último, crear los objetos requeridos por la actividad elegida.

Para iniciar el programa, se diseñó un subproceso denominado Main, este subproceso es el encargado de crear y cargar la ventana “Presentación”, además de crear el objeto principal. Una vez cargada la ventana principal, se procede a cerrar la ventana de presentación, pasando el control del programa al objeto principal. La primera actividad del objeto principal es crear y cargar la ventana para elegir la actividad. A partir de este punto se puede presentar dos casos: si se eligió ó no una actividad. Para el segundo caso las únicas opciones disponibles en el programa serán: cerrar el mismo ó abrir nuevamente la ventana para elegir una actividad. Para el caso contrario, la actividad elegida será representada por un número entero entre cero y dos, donde cero representa la adquisición de datos desde el módulo, uno la adquisición de datos desde archivo y dos la adquisición de datos desde el teclado.

Cuando el usuario haya elegido una actividad, el objeto “Elegir actividad” enviará el número que representa la actividad elegida al objeto principal y se cerrará la ventana elegir actividad. El objeto principal procesará el valor obtenido para generar las funciones y objetos necesarios para la siguiente fase (Fase II) de acuerdo a la actividad elegida. El siguiente diagrama se muestra las clases relacionadas y sus funciones para la fase de inicio.

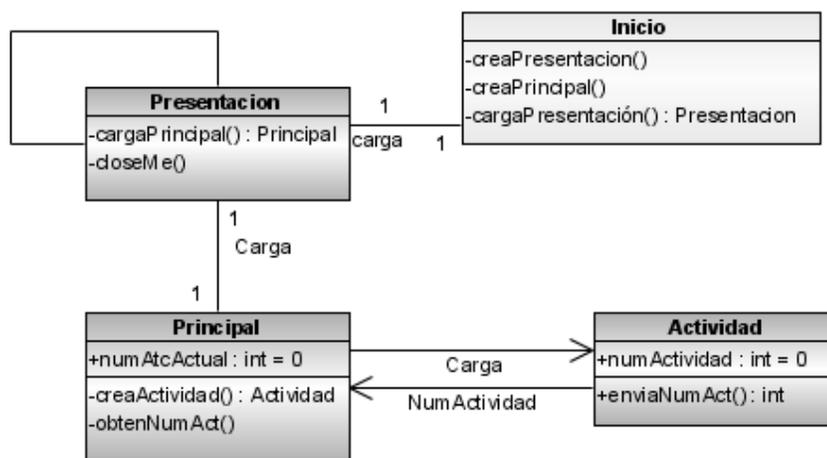


Fig. 2.14: Diagrama de clases para la etapa de inicio.

En el diagrama anterior, la clase “Inicio” representa al subproceso Main el cual no tiene representación visual en el programa. En el apéndice B figura B.1, se muestra el diagrama de secuencias que describe el proceso de inicio.

## ***Diseño e implementación de la Fase II***

### ***2.4 Adquisición de datos desde el modulo***

Este proceso se divide en dos partes, la primera es la configuración del sistema y la segunda es la obtención de los datos. Se entiende por configuración del sistema, obtener del usuario, la información necesaria para configurar el módulo de adquisición, es decir, obtener los instrumentos a utilizar y su canal asignado, tal y como están conectados físicamente en el módulo de adquisición. Posteriormente, se obtendrán los parámetros de adquisición: número de datos, tiempo entre muestras y el puerto serie donde ha sido conectado el módulo.

Una vez configurado el sistema, se tendrá disponible la opción de iniciar la adquisición. Las actividades a realizar en este proceso son: configuración del puerto serie, liberación del puerto, configuración del módulo, verificación de la comunicación PC-Módulo, lectura de la información, procesamiento de la información, almacenamiento y graficación. Los últimos cinco pasos estarán dentro de un bucle de repetición, el cual terminara hasta que se haya obtenido el total de los datos ó se cancele la adquisición. Habrá dos casos por los cuales el proceso se cancele, por petición del usuario ó por una falla en la comunicación.

#### ***2.4.1 Elección de los instrumentos y asignación a un canal***

Esta es la primera tarea ha realizar al momento de configurar el sistema. Para realizar esta tarea se utilizara la ventana “Elección de instrumento y asignación de canal”, descrita en el Diseño de la interfaz gráfica de usuario. Para hacer una asignación, bastará con que el usuario arrastre la etiqueta del instrumento elegido hacia la etiqueta del canal destino. Durante este proceso se realizan las siguientes actividades: primero se obtendrá el nombre del instrumento y el número del canal al cual fue asignado, esta información se almacenará temporalmente en un objeto del tipo canal.

Las propiedades del objeto canal que se utilizarán en este estado, son: nombre del instrumento, número del canal y MiInstrumento que es un objeto del tipo instrumento. Una vez almacenados el nombre y número de canal, se procede a crear la representación visual del instrumento elegido por medio de una función denominada “CrearIV()”. La función “CrearIV()” recibe como argumento el nombre del instrumento a crear; primero genera un objeto instrumento, después configura el objeto de acuerdo al instrumento que va ha representar, es decir, se le asigna el número adecuado de botones de escala, se le asigna a cada botón la escala adecuada y el nombre del instrumento.

Posteriormente, se carga el instrumento en una ubicación específica del área de trabajo de la ventana principal, de acuerdo al canal asignado. Esto es, el instrumento asignado al canal 1 se mostrará en la esquina superior izquierda, para el canal 2 en la esquina superior derecha, para el canal 3 en la esquina inferior izquierda y para el canal cuatro se ubicará en la esquina inferior derecha. El instrumento creado se almacenará en la propiedad MiInstrumento del objeto canal correspondiente.

La siguiente figura muestra la relación y funciones de las clases utilizadas en este proceso. En el apéndice B, figura B.2 y B.3, se muestran los diagramas de secuencia de este proceso.

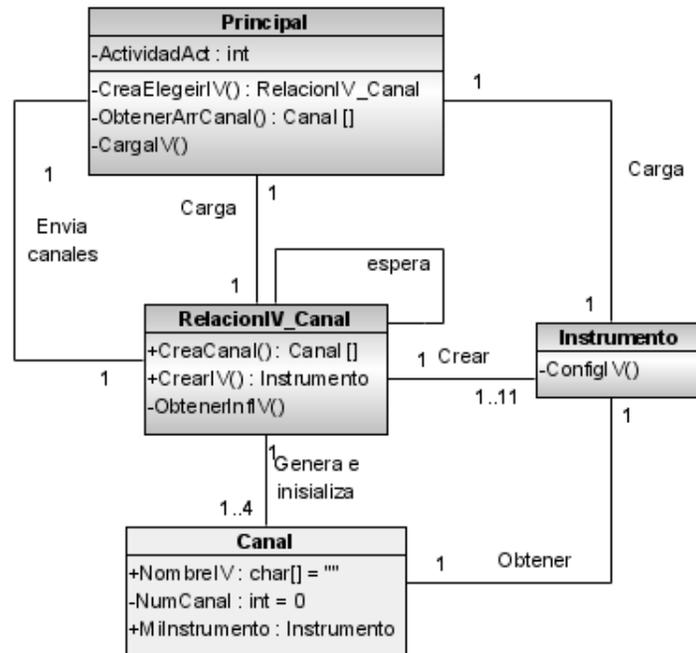


Fig. 2.15: Relación entre clases involucradas en la elección de instrumento y asignación de canal

Con la ventana “Elección de instrumento y asignación de canal” también se podrá liberar un canal ó cambiar de instrumento a un canal. Para la segunda opción, primero se tendrá que liberar el canal elegido y posteriormente realizar la nueva asignación. Para liberar un canal, el usuario deberá hacer clic sobre la casilla de verificación ubicada al lado izquierdo de cada una de las etiquetas que representan a un canal. Antes de iniciar el proceso de liberación, se pedirá al usuario que confirme la liberación del canal, debido a que si el instrumento cuenta con datos, estos se perderán al realizar la liberación. Las actividades en este proceso son: obtener el número del canal seleccionado, cerrar el instrumento virtual asignado a este y redimensionar el arreglo que contiene a los objetos canal.

El objetivo del botón “Aceptar” es cerrar la ventana de elección y pasar el control a la ventana principal, así como una referencia del arreglo que contiene los objetos canal para su uso dentro del proceso de adquisición. En este estado, el objeto principal verifica que se haya hecho por lo menos una asignación, en caso de no tener una asignación se le notificará al usuario que deberá realizar una asignación para poder continuar con el proceso de adquisición. En este caso, los comandos disponibles serán elegir IV, cambiar de actividad y cerrar el programa. Si se tiene por lo menos una asignación, los comandos disponibles serán los mismos del caso anterior más los comandos para obtener los parámetros de adquisición e iniciar adquisición.

#### 2.4.2 Obtener los parámetros de adquisición

La primera actividad es abrir la ventana “Parámetros de adquisición”, para abrir esta ventana se tendrá dos accesos, el primero estará en la barra de herramienta denominado

“Parámetros” y el segundo en el menú Configuración/Obtener parámetros de la ventana principal. Abierta la ventana, se espera a que el usuario ingrese los valores del tiempo entre muestras, número de muestras ó un intervalo de tiempo en el que se obtendrán las muestras y el nombre del puerto serie.

Al introducir los valores numéricos, se verificará que la información de entrada sea correcta, es decir, para el caso del número de muestras ó el intervalo de tiempo, se espera un número entero positivo. Para el tiempo entre muestras se espera un número decimal positivo. Si los datos proporcionados no son correctos, estos serán sustituidos por un valor predeterminado; para el tiempo entre muestras el valor predeterminado será de 0.001 segundos, para el número de muestras será 25 y para el intervalo de tiempo será de 60 segundos.

Para elegir el puerto serie, se tiene una segunda paleta en la ventana de parámetros, que tiene una lista desplegable con los nombres de los puertos serie presentes en el sistema, para elegir uno, bastará con seleccionarlo de la lista. Debido a que se utilizará un puerto serie virtual, se puede dar el caso de que este no aparezca en la lista si no ha sido conectado (y encendido) el módulo de adquisición a la PC, antes de cargar la ventana de “Parámetros de adquisición”. Para volver a generar la lista de puertos, se cuenta con un botón denominado “Verificar puertos”, para generar nuevamente la lista de puertos serie.

Una vez introducido los parámetros de adquisición se cerrará la ventana haciendo clic en el botón aceptar. Los valores requeridos se almacenarán en un objeto con las propiedades para almacenar el número de datos, tiempo entre muestras (en milisegundos) y el nombre del puerto serie (COM1, COM2, etc); esta información es la requerida en el proceso de adquisición.

Para generar la lista de los puertos serie, se utilizó la función “CreateFile()”, esta función pertenece al conjunto de funciones descritas en el archivo de librería dinámica *kernel32.dll*. Esta función crea un *Manejador (Handler)* de un dispositivo, en este caso, un manejador para el puerto serie. A esta función se le pasa como argumento el nombre del puerto serie, entre otros.

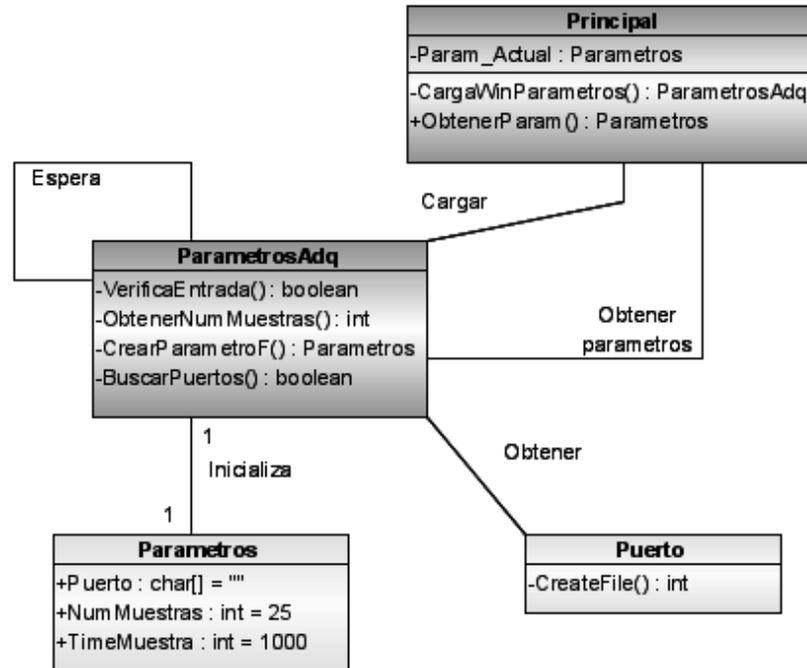


Fig. 2.16: Clases relacionadas en la obtención de los parámetros de adquisición.

Se determinó utilizar la clase “Parámetros”, para tener juntos en una variable los valores requeridos al momento de configurar el módulo de adquisición y el puerto serie.

Por su parte, la clase “Puerto” es una clase abstracta. Su objetivo es mostrar las funciones y atributos (API’s) necesarios para trabajar con el puerto serie.

Como último paso dentro de la configuración del sistema, el usuario deberá seleccionar la escala con la que se obtendrán los datos para cada uno de los instrumentos. En este proceso se actualizará la escala del eje vertical de la gráfica del instrumento; internamente se obtendrá un valor denominado “Factor\_Escala” que es una propiedad del instrumento y se utilizara para obtener el valor real de los datos para cada instrumento, de acuerdo a la escala elegida. Para los instrumentos con más de un botón de escala, la funcionalidad de los botones será mutuamente excluyente, es decir, sólo se podrá elegir una escala a la vez igual que en el instrumento físico. Para determinar el botón actual, se desarrollo una función para obtener el botón de escala actual, esta función lo que hace es determinar el botón que ha sido elegido, asignar la escala adecuada a la gráfica y calcular el valor de la propiedad “Factor\_Escala” de la siguiente forma:

$$Factor\_Escala = \frac{Escala\_Max. \times Factor}{4095}$$

donde *Factor* es el valor que determinará la escala actual y que dependerá del botón oprimido. El objetivo de esta propiedad es agilizar el proceso para obtener el valor del dato al momento de la adquisición.

En el apéndice B, figura B.4, se muestra el diagrama de secuencia para este proceso.

### 2.4.3 Adquisición de datos

La primera actividad es genera el objeto “ControlAdquisicion” por parte del objeto principal, una vez cargado este objeto adquiere el control del programa. El objeto “ControlAdquisicion” es el encargado de controlar el proceso de adquisición.

Las actividades a realizar por parte de este objeto son: configuración de los instrumentos, creación de la cadena de configuración del módulo, crear el controlador para el puerto serie, iniciar comunicación con el módulo, lectura de la información, procesar la información para obtener los datos, graficar y almacenar los datos. A continuación se describe a detalle cada una de las actividades a realizar. El siguiente diagrama muestra la secuencia de actividades generales para el proceso de adquisición.

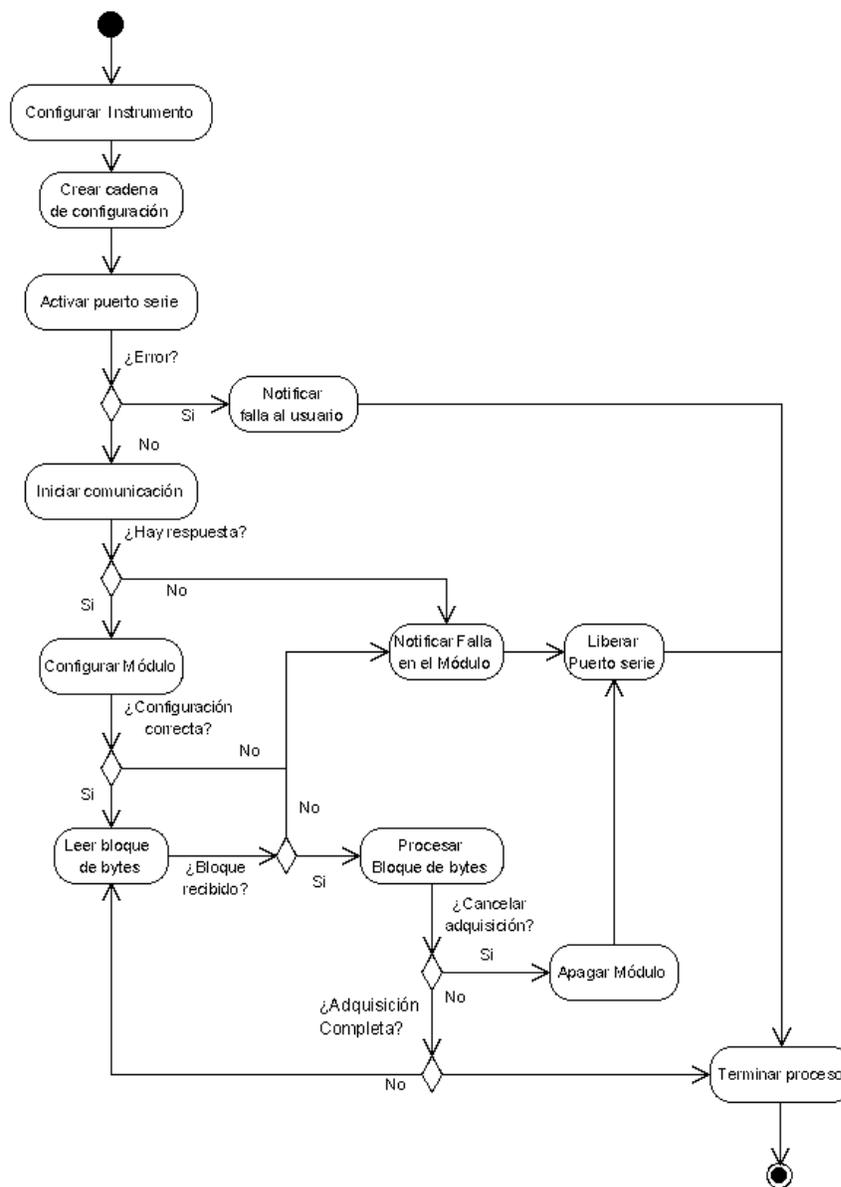


Fig. 2.17: Proceso de adquisición.

### 2.4.3.1 Configuración de los instrumentos

A cada uno de los instrumentos de los que se obtendrán datos, se borrará su gráfica, se reiniciará su contador de datos, se redimensionará los arreglos donde se almacenan temporalmente los valores obtenidos. También se modificara su propiedad “TamBloque” que es utilizada en el proceso de graficación, la cual indica el número de datos que se graficarán cuando se inicie la graficación. Si el instrumento está apagado, no se obtendrán datos para éste.

### 2.4.3.2 Crear la cadena de configuración del módulo

La cadena de configuración esta compuesta de un carácter ‘N’ seguida del número de canales utilizados, el número de cada uno de los canales presentes, el número de muestras ha obtener y el tiempo entre muestras. Estos dos últimos parámetros, tendrán una representación hexadecimal con una precisión de cuatro bytes, para obtener estos valores se utilizó una función personalizada denominada “ConvDecimalHex()” la cual convierte un número decimal a hexadecimal de cuatro bytes y retorna una cadena de cuatro caracteres de acuerdo al valor del byte que representa el número hexadecimal. Por ejemplo, para el número 5000 su representación sería: carácter nulo, carácter nulo, carácter ‘!’ y el carácter ‘ê’; cuyo número hexadecimal es: 00 00 13 88h.

El siguiente diagrama muestra la relación entre clases para las dos operaciones anteriores.

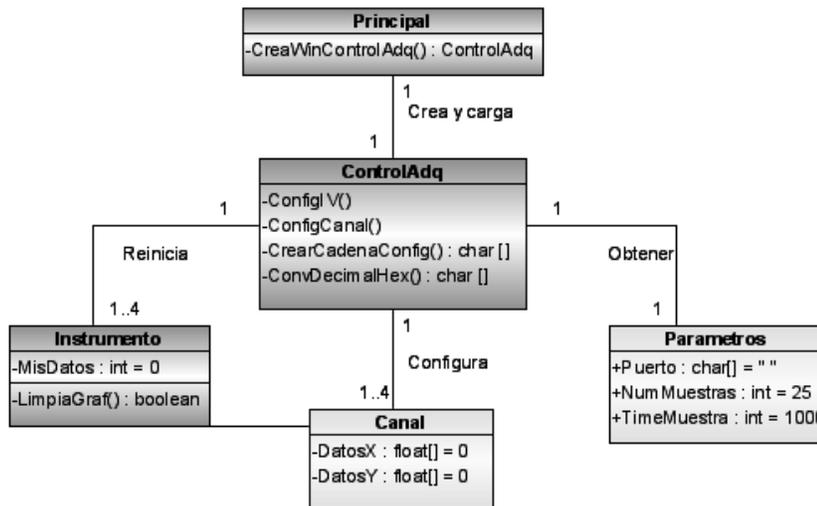


Fig. 2.18: Configuración de instrumento y creación de la cadena de configuración.

En el apéndice B, figura B.5 se muestra el diagrama de secuencia.

### 2.4.3.3 Descripción de las funciones para la configuración del puerto serie

Para poder trabajar con el puerto serie, se requirió de un conjunto de funciones definidas en el archivo de librería ligada dinámica “kernel32.dll”. Las funciones utilizadas fueron: *CreateFile*, *CloseHandle*, *WriteFile*, *ReadFile*, *GetCommState*, *SetCommState*, *GetCommTimeouts* y *SetCommTimeouts*. A continuación se describe cada una de las funciones.

La función *CreateFile* se utiliza para generar el controlador del puerto serie. Esta función tiene siete argumentos de los cuales el más utilizado es el nombre del dispositivo del que se obtendrá el controlador, en este caso, el puerto serie. Los otros argumentos, determinan la forma en que se comportará el dispositivo (tipo de acceso, si el acceso es compartido, etc.)

La función *CloseHandle* se utiliza para liberar el puerto serie, es decir, regresar el control del dispositivo al sistema operativo, para que otras aplicaciones puedan utilizarlo. El argumento de esta función es el controlador del dispositivo creado por la función *CreateFile*.

La función *WriteFile* se utiliza para el envío de información al puerto serie. Esta función tiene cinco argumentos: el controlador del puerto, un búfer donde se almacena la información que será enviada, el número de bytes que serán enviados, el número de bytes que fueron enviados (sólo lectura) y un apuntador a una estructura (no utilizado). Esta función retorna un valor “verdadero” si la función se realizó correctamente y “falso” en el caso contrario. Para verificar si la escritura es correcta se utilizó esta propiedad más la comparación entre el número de bytes que se espera enviar y los bytes que fueron enviados.

Por el contrario, la función *ReadFile* se utiliza para recibir información del puerto serie. Esta función cuenta con cinco argumentos: el controlador del puerto, un bufer para almacenar los bytes recibidos, el número de bytes que se espera recibir, el número de bytes que se recibieron (sólo lectura) y un apuntador a una estructura (no utilizado). El valor de retorno de esta función es igual que en la función *WriteFile*.

La función *GetCommState* se utiliza para obtener la configuración actual del puerto serie. Por su parte la función *SetCommState* sirve para establecer la configuración del puerto. Ambas funciones tienen dos argumentos: el controlador del puerto y una estructura de datos denominada DCB, que contiene un conjunto de propiedades destinadas a la configuración del puerto serie, siendo las más relevantes: la velocidad de transferencia (BaudRate), bit de paridad, bit de parada y el tamaño del byte. Para la primera función, se utiliza la estructura DCB para almacenar la información de la configuración actual del puerto; para el caso de la segunda función, se modifica primero los valores necesarios de la estructura DCB y posteriormente se invoca a la función para efectuar los cambios.

Las funciones *GetCommTimeouts* y *SetCommTimeouts* se utilizan para obtener y configurar, respectivamente, los tiempos de salida del puerto serie, tanto para el proceso de lectura como el de escritura. Ambas funciones tienen dos argumentos: el controlador del puerto y una estructura de datos denominada COMMTIMEOUTS, que contiene un conjunto de propiedades para configurar los tiempos de salida. Es importante la configuración de los tiempos de salida, debido a que la función *ReadFile* al no recibir el número de bytes esperado, este no regresa el control al programa principal. Más adelante se describirá como se utiliza esta propiedad del puerto para determinar si hay ó no comunicación con el módulo de adquisición.

#### 2.4.3.4 Configuración del puerto serie

La configuración del puerto serie, estará a cargo de una función personalizada denominada “*ActivarPuerto*”, la cual tiene como objetivo crea el controlador del puerto, configura las características del puerto por medio de la función *SetCommState* y establecer los tiempos de salida por medio de la función *SetCommTimeouts*. En el caso de que haya un error, en las etapas para generar el controlador del puerto, la función *ActivarPuerto* retornará un valor “Falso” el cual indica que se deberá finalizar con el proceso de adquisición y se deberá indicar al usuario la falla que ocurrió.

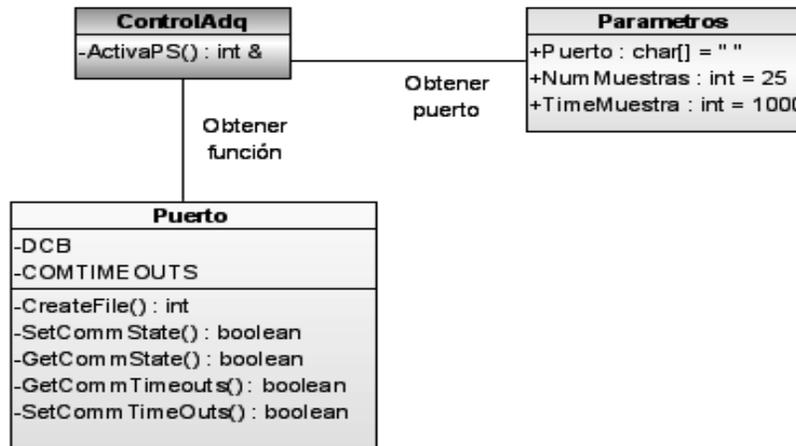


Fig. 2.19: Diagrama de clases para generar el controlador del puerto.

El controlador del puerto se generó con los permisos de lectura/escritura y uso único, es decir, el puerto no estará disponible para ninguna otra aplicación mientras sea utilizado por el programa. Para la configuración del puerto, se modificaron los valores del baudage en 115200 b/s, el bit de paridad en 1, el bit de parada en 1 y el tamaño de la palabra en 8 bits; por medio de la estructura de datos DBC, posteriormente se utilizó la función *SetCommState* para realizar los cambios.

La otra parte de la configuración del puerto, es establecer los tiempos de salida. Esta parte de la configuración del puerto es necesaria debido al comportamiento de la función *ReadFile*. Como se mencionó anteriormente, la función *ReadFile* se utiliza para obtener información proveniente del módulo de adquisición, antes de llamar a la función *ReadFile* se debe establecer el número de bytes que se obtendrán y posteriormente ejecutar la función. Si durante el proceso de lectura se interrumpe la comunicación PC-Módulo y no se han recibido el total de bytes esperados, la función no regresará el control del programa hasta que se hayan obtenido el número de bytes establecido, lo cual provocaría que el programa se bloquee. Para evitar este problema se debe configurar los tiempos de espera del puerto, para el proceso de lectura, de esta forma se obliga a la función *ReadFile* termine el proceso de lectura después de esperar un determinado tiempo, cuando no se han recibido más bytes sin que se haya completado el total de bytes por recibir. En este caso la función *ReadFile* retornará un valor *Falso* lo que indica que ocurrió una falla en la comunicación

PC-Módulo. Esta propiedad, se utiliza como bandera de escape para garantizar la correcta recepción de los datos.

Para realizar la configuración de los tiempos de salida del puerto, se utilizó la estructura de datos `COMMTIMEOUTS`, en específico, los atributos relacionados con los tiempos de espera en el proceso de lectura (`ReadIntervalTimeout` y `ReadTotalTimeoutConstant`) de tal forma que el tiempo de espera sea de un segundo. Posteriormente se utilizó la función `SetCommTimeouts` para establecer la configuración. En el apéndice B, figura B.6 se muestra el diagrama de secuencia para la configuración del puerto.

#### 2.4.3.5 Inicio de la comunicación

La comunicación PC-Módulo se inicia enviando un carácter de saludo, por parte de la PC, el carácter de saludo es representado por una 'H'. Para enviar el saludo, se convierte el carácter a byte y es almacenado en el buffer de salida del puerto serie para ser enviado por medio de la función `WriteFile`.

Posteriormente se espera a recibir el carácter de respuesta 'h', por medio de la función `ReadFile`. En este estado se comprueba si se ha recibido un byte, para verificar si aún hay comunicación con el módulo; en caso afirmativo, se procede a verificar si el byte recibido representa al carácter de respuesta. Si alguna de las comprobaciones anteriores no se cumple, el proceso de adquisición se cancelará y se le notificará al usuario la falla que causó la cancelación. Para el caso contrario, se procede a enviar la cadena de configuración del módulo, primero se obtiene los bytes que forman la cadena de configuración, se almacenan en el búfer de salida y se envía con la función `WriteFile`. Posteriormente se verifica que la cadena de configuración fue enviada correctamente comparando los atributos, de la función `WriteFile`, que representa el número de bytes que se enviarán contra el número de bytes que fueron enviados, si son iguales y el valor de retorno de la función es `True`, la configuración ha sido satisfactoria. En el caso contrario, se cancela el proceso de adquisición. El siguiente diagrama, muestra la relación de clases en este proceso.

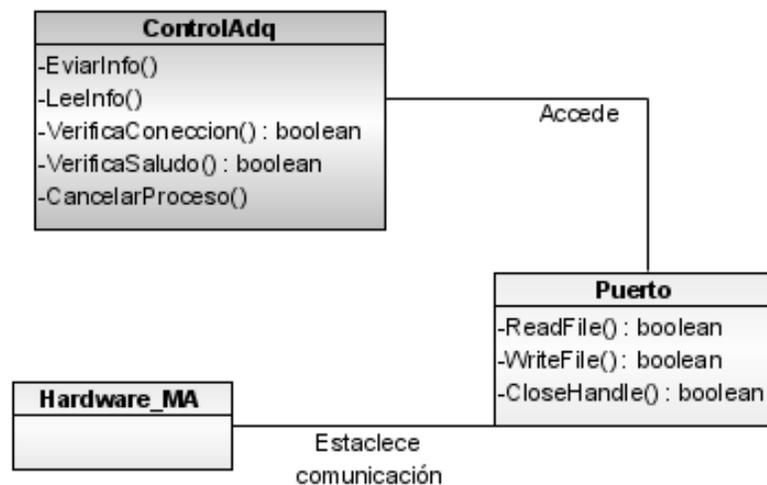


Fig. 2.20: Diagrama de clases para el inicio de la comunicación PC-Módulo.

### 2.4.3.6 Obtención y procesamiento de la información

De acuerdo al protocolo de comunicación, el módulo de adquisición enviará dos bytes por dato para cada uno de los instrumentos activos. La lectura de la información se realizará por bloques de bytes, donde el tamaño del bloque será dos veces el número de instrumentos activos. Entre cada bloque de información habrá un tiempo de espera. En este periodo de tiempo, el módulo estará enviando “basura” representado por un cero. Para diferenciar los bytes ‘basura’ de los bytes de información, el módulo modificará los bytes de información de tal forma que al byte de la parte alta del dato, el bit 7 estará en alto y el bit 8 en bajo, por su parte al byte de la parte baja, el bit 8 lo pondrá en bajo.

Si se ha pedido cancelar el proceso de adquisición, se deberá enviar al módulo un carácter de parada representado por el carácter ‘f’, el cual le indica al módulo que termine el proceso de conversión y envío de información para regresar al estado de espera.

Dentro del programa, la adquisición se realiza de la siguiente forma: se configura la función *ReadFile* para que lea un byte a la vez, se realiza la lectura y posteriormente se verifica si el byte recibido es parte del bloque de la información ó es basura. Para realizar esta operación, al byte se le aplica una mascara “AND” con el valor 192, si el resultado es igual a 64, el byte recibido es el primer byte del bloque, por lo tanto se procede a configurar la función *ReadFile* para obtener el resto de los bytes del bloque. El tamaño del bloque será dos veces el número de instrumentos activos menos uno.

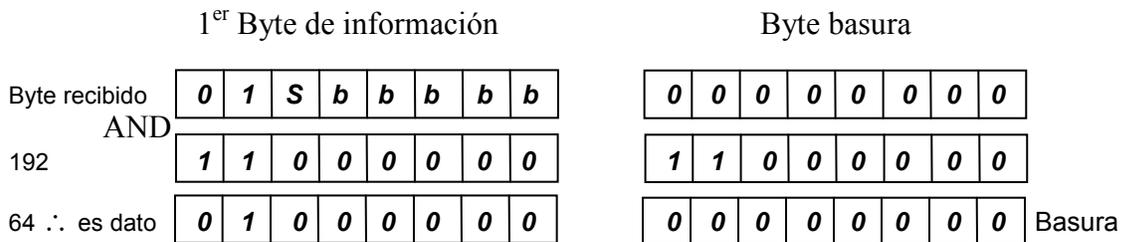


Fig. 2.21: Esquema de la representación binaria de la información recibida desde el módulo.

En el caso de que el byte recibido sea basura (igual a cero) se vuelve a leer un byte hasta que se reciba el primer byte del bloque de información. En cada operación de lectura se comprueba que los bytes esperados se hayan recibido, en el caso de que la operación falle el proceso se cancelará y se notificará al usuario que no se ha detectado el módulo; para el caso contrario se continúa con el proceso.

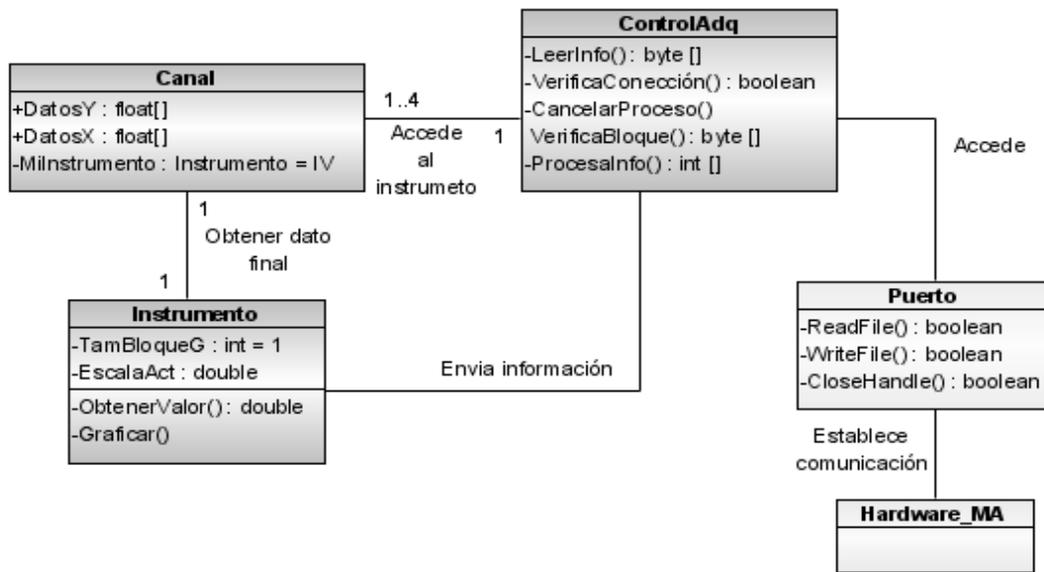


Fig. 2.22: Diagrama de clases presentes en el proceso de lectura.

Un vez que se recibió la información, el bloque de bytes es enviado a una función personalizada denominada “Procesar” para obtener el valor de los datos dentro del rango del convertidor analógico/digital (de 0 a 4095), enviar el valor resultante a cada uno de los instrumentos, obtener el dato final (de acuerdo a la escala actual del instrumento), almacenar temporalmente el dato y por último graficarlo. En el apéndice B, figura B.7 se muestra el diagrama de secuencia para el proceso de lectura.

A continuación se presentan las diferentes actividades que desarrolla la función “Procesar”:

Se entiende por obtención del valor, la acción de unir los dos bytes que componen un dato, para ello se verifica que el bit más significativo de ambos bytes este en bajo, es decir, a los dos bytes se les aplica una mascara “AND” con el valor 128 y el resultado deberá ser 0; en el caso de que no se cumpla con esta prueba, se terminará el proceso de adquisición. Sólo si el número de datos recibidos por instrumento es mayor a cuatro, se activara el comando “Análisis de datos”.

Posteriormente al byte de la parte alta se le aplica un corrimiento a la izquierda de siete bits, se le suma el byte de la parte baja y al nuevo valor se le aplica una mascara “AND” con el valor 4096 para determinar el signo del dato, al nuevo valor se le limpian sus bit de control y es enviado al instrumento correspondiente. En el caso de que el signo sea negativo, se obtiene su complemento a dos para obtener el valor real y posteriormente es enviado a su instrumento.

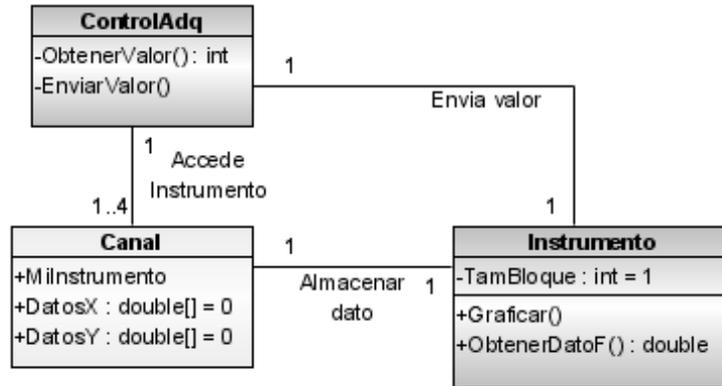


Fig. 2.23: Relación de clases para obtener el dato final.

El valor obtenido es enviado al instrumento como un argumento de la función *Graficar()* del objeto instrumento. Lo que hace esta función es multiplicar el valor recibido por la propiedad *Factor\_Escala* del instrumento, para obtener el valor final del dato de acuerdo a la escala elegida. Posteriormente la función *Graficar()* revisa la propiedad *TamBloque* (tamaño del bloque de graficación) si es igual a uno, inmediatamente graficará el dato, lo mostrará en el display de datos e incrementará el contador interno. Si el valor de ésta propiedad es diferente de uno, la función esperará hasta obtener el total del número de datos especificado por el tamaño del bloque y posteriormente graficará el bloque de datos y mostrará en el display el último dato recibido.

Otra de las actividades de la función *Grafica()* es la de almacenar temporalmente los datos, tanto para la variable X como para la variable Y. Los valores de la variable X se obtienen de incrementar el tiempo de retardo y son almacenados en el arreglo denominado *DatosX()* del objeto canal al cual fue asignado el instrumento en cuestión. Por su parte los datos recibidos son almacenados en el arreglo *DatosY()* del objeto canal conforme van llegando y a su vez incrementa el contador interno del número de datos del instrumento. Cuando se termina el proceso de graficación, el objeto *Instrumento* retorna el control al objeto *ControlAdq* para continuar el proceso de lectura.

Para generar cada una de las gráficas presentes en el programa, se utilizó un control denominado *WaveFormGraph* que es una herramienta diseñado por National Instrument para trabajar en el ambiente de programación Visual Studio. Este control, básicamente, está diseñado para graficar un conjunto de datos (X, Y), se puede modificar los rangos de los ejes vertical y horizontal así como el nombre de estos, mostrar una guía para seleccionar un punto en la gráfica, establecer el número de puntos a graficar por pantalla, etc.

En el apéndice B, figura B.8 se muestra el diagrama de secuencia del proceso de graficación.

Una vez que se haya completado la adquisición de datos, se cerrará el objeto *ControlAdq* retornando el control al objeto *Principal*, este activará la opción para realizar el análisis estadístico de los datos. A cada uno de los canales presentes, se le modifica su propiedad “*Guardado*” (de tipo booleano) en falso; esta propiedad se utilizará para notificarle al usuario si desea guardar los datos, en caso de que éste cierre el programa o cambie de

fuelle sin haber guardado los datos. En este estado, las actividades que se podrán realizar en el programa son: realizar el análisis estadístico, guardar las series de datos obtenidas, realizar una nueva adquisición, cambiar de fuente y cerrar el programa.

En este estado la secuencia de control es la siguiente: si se elige realizar el análisis estadístico, se cargara la ventana de trabajo para esta actividad y se ocultarán la representación de los instrumentos presentes. Para guardar los datos se cargará la ventana de guardar datos y se guardarán los datos del instrumento activo. Por su parte, para las actividades restantes se tiene en común el hecho de verificar si los datos han sido guardados, para el caso de que no se hayan guardado se le notificará al usuario si desea guardar los datos, para cada uno de los instrumentos, y se tendrán tres posibilidades: guardar los datos (se procede como en la actividad anterior), cancelar la actividad solicitada y no guardar los datos.

Para el caso de que se cancele, no se realizará ningún cambio y se retorna el estado anterior. Para el caso de que se haya elegido no guardar los datos, se procede a realizar la actividad solicitada. Si la actividad elegida fue realizar una nueva adquisición, entonces se reinicia el proceso de adquisición de datos descrito anteriormente. Si se eligió cambiar de actividad, se procede a cerrar cada uno de los instrumentos, liberar su canal y cargar la ventana “Elegir actividad” (fase I). Y por último, en el caso de cerrar el programa, se termina con la ejecución del mismo.

En la siguiente figura, se muestra el diagrama de actividades referente a la etapa de control cuando se ha terminado la adquisición de datos desde el módulo de adquisición.

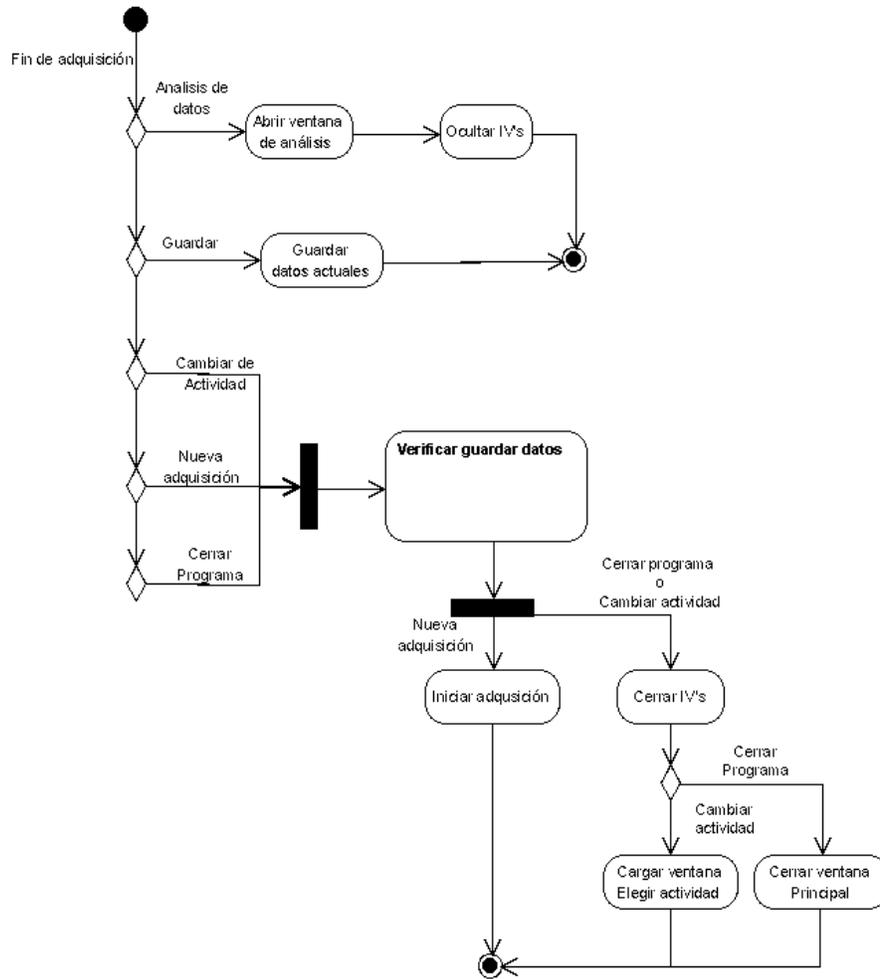


Fig. 2.24: Secuencia de control para las actividades permisibles al finalizar la adquisición de datos desde el Módulo.

## 2.5 Adquisición de datos desde archivo

El objetivo de esta actividad es consultar una serie de datos (X, Y) previamente almacenada en un archivo. Los datos almacenados pueden representar a los datos obtenidos desde el módulo de adquisición (de un instrumento ó la combinación de dos instrumentos), desde el teclado ó desde esta misma fuente.

Las funciones presentes para esta actividad son: obtener los parámetros de las curvas de regresión, obtener los valores estadísticos de los datos, se podrá agregar una o varias filas a la colección de datos, modificar el valor de algún dato y también se podrá imprimir la tabla ó la gráfica de los datos.

Una vez elegida esta fuente, se procede a crear el objeto “Abrir archivo”, este es una ventana típica del sistema operativo Windows, desde esta ventana se podrá elegir el nombre y la ubicación del archivo. Esta ventana se configuró de tal forma, que sólo se podrá abrir los archivos de datos con terminación “NombreArchivo.dxy” que es la terminación establecida para los archivos destinados al sistema SAGADE. Aunque siendo un archivo de texto plano, éste se podrá abrir con cualquier editor de texto.

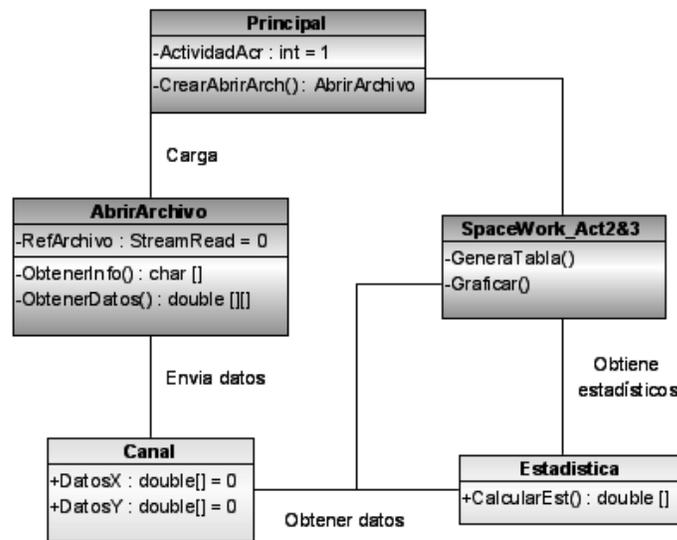


Fig. 2.25: Clases involucradas en la adquisición desde archivo

Ya obtenidos el nombre y la ruta del archivo se procede a abrir este. Primero se obtiene la información referente al origen de los datos, que es la siguiente: Nombre y unidades para los encabezados de las variables X y Y, número de datos y el nombre de la fuente. Esta información es enviada al objeto “Ventana de trabajo” derivada de la clase SpaceWork\_Act2&3 (Fig. 2.14). Posteriormente se obtienen los valores de los datos para las variables X y Y que son almacenados, temporalmente, en un objeto canal a través de sus atributos *DatosX()* y *DatosY()*, también el nombre de la fuente es almacenado en este objeto por medio de la propiedad *NombreIV*, esto con la finalidad de tener agrupada la información para futuras operaciones con ellos, en específico las actividades de guardar e imprimir.

Si durante el proceso de lectura del archivo hubiese un error, se consideran las siguientes opciones: si el error ocurre cuando se está leyendo la información de la fuente (al inicio) el proceso se cancelará y se pasa el control del programa al objeto principal y se termina esta actividad.

En el caso de que el error ocurra durante la obtención de los datos, si el número de datos obtenidos hasta ese punto es mayor a cuatro se procede de forma normal, como se verá a continuación, a diferencia de que se le notificará la falla al usuario.

Una vez que se cuenta con la información del archivo se procede a generar la tabla y la gráfica de los datos, estas funciones están a cargo del objeto “Ventana de trabajo”. Para generar la tabla de datos se utilizó un control DataGrid asociado a un control de manejo de tablas DataSet. Por medio de este control se genera la tabla de datos con dos columnas y conforme se van obteniendo los datos, se va llenando la tabla. Para generar la gráfica se utilizó un control *WaveForm*, éste control se configuró para que muestre la gráfica de quinientos datos por pantalla con la finalidad de que la gráfica sea legible debido al tamaño de la ventana de trabajo. Por lo tanto, si el número de datos es mayor a quinientos la graficación se realizara en bloques de ese tamaño, mostrando al inicio, el primer bloque de datos y se activarán los botones de navegación de la gráfica (ver “Ventana de trabajo” descrita en el diseño de la interfaz gráfica de usuario). Para que el usuario pueda ver el resto de los datos, bastará con que haga clic en los botones de avanzar o retroceder.

Con la graficación por bloques se puede dar el caso de que el número de datos sea múltiplo de 500 más uno, por lo tanto, la última pantalla mostraría un punto lo cual no es muy útil; para evitar esto se graficarán los últimos quinientos datos; de igual forma para el caso contrario.

Una vez generada la tabla y la gráfica se procede a obtener los valores de los estadísticos (máximo, mínimo, media, etc.) para ello se utilizó las funciones establecidas en la clase *Estadística*. La descripción de éstas funciones se hará más adelante. Ya obtenidos los estadísticos, estos son mostrados en el área con el mismo nombre de la ventana de trabajo; y con ello se da por terminada la adquisición de datos desde archivo dejando la ventana de trabajo en el área de trabajo del objeto principal para que el usuario pueda realizar el análisis estadístico de los datos.

En el apéndice B, figura B.9 se muestra el diagrama de secuencia para esta actividad.

## 2.6 Adquisición de datos desde el teclado

El objetivo de esta actividad es servir como material de apoyo para obtener los parámetros de las curvas de regresión y los estadísticos de un conjunto de datos que se hayan obtenido de un experimento fuera de éste sistema (SAGADE). Para realizar esta actividad el objeto principal crea el objeto “Ventana de trabajo”, de forma similar a la adquisición de datos obtenida desde un archivo. La diferencia es que la tabla, gráfica y el área de estadísticos estarán vacías. Por medio de la tabla el usuario irá introduciendo los valores de las variables X y Y. la siguiente figura muestra el conjunto de clases involucradas al inicio de esta actividad.

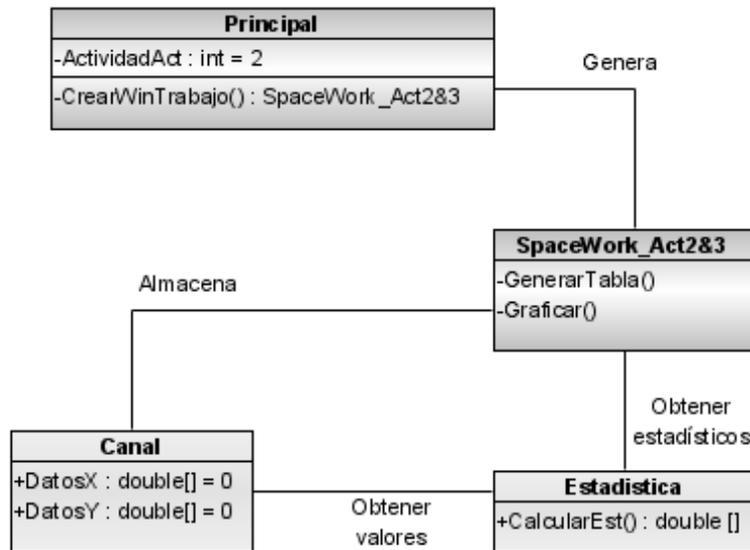


Fig. 2.26: Diagrama de clases para la obtención de datos desde el teclado.

Al momento de que el usuario vaya introduciendo los datos, se realizará la gráfica y al mismo tiempo se obtendrán los valores de los estadísticos para el conjunto de datos. Los datos obtenidos se almacenarán temporalmente en las propiedades *DatosX()* y *DatosY()* de un objeto canal. Una vez que se hayan obtenido más de cuatro datos se activará la opción para obtener las curvas de regresión, para generar la gráfica se utilizó el mismo concepto que en la adquisición desde archivo, es decir, por bloque de quinientos datos.

En el apéndice B, figura B.10 se muestra el diagrama de secuencia para esta actividad.

### ***Diseño e implementación de la fase III (Manejo de datos)***

En este tema se describe el diseño e implementación de las siguientes actividades: imprimir la tabla o la gráfica de una serie de datos, guardar una serie de datos en archivo, obtener los parámetros de las curvas de regresión con sus respectivas gráficas y para las adquisiciones desde archivo o teclado se describe el proceso de edición de una serie de datos.

#### ***2.7 Guardar una serie de datos***

El objetivo de esta actividad es tener un respaldo, en archivo, de una serie de datos que se haya obtenido a través de este sistema. De acuerdo a los requisitos planteados al inicio de este trabajo, se determinó que el archivo a generar tuviese la siguiente información: un encabezado con el nombre de la fuente que es el origen de los datos, las unidades de medición para la variable X, las unidades para la variable Y y el número de datos. Posteriormente vendrán los valores numéricos para las variables X y Y, primero se escribirá el valor de X seguido de una coma (,) como delimitador y después el valor de Y. Cada dato, así como cada valor del encabezado serán escritos en un renglón, como se muestra en la siguiente figura.

```
[FUENTE]
Fuente:
Nombre_Fuente
UnidadX:
Unidad
UnidadY:
Unidad
Numero datos:
4
[DATOS]
123.456,456.123
321.987,987.321
147.25,123.32
10.1,854.36
```

Fig. 2.27: Formato del archivo.

De forma general, las actividades que se realizarán durante el proceso de guardar serán las siguientes: primero el objeto principal generará y cargará la ventana (objeto) “Guardar como. . .” desde la cual el usuario podrá elegir la ubicación de almacenamiento y el nombre del archivo, posteriormente se accederá a la fuente que contendrá la información a guardar (objeto canal), después se generará el encabezado del archivo de acuerdo a la estructura vista anteriormente, se creará el archivo en la ruta especificada y se escribirá el encabezado y por último, se escribirán los datos como se observa en la figura 2.27 *Formato del archivo*.

Finalizada la escritura de la información, se cerrará el acceso al archivo junto con la ventana *Guardar como* y la propiedad del *Guardar* del objeto canal se establecerá en falso (para fines de control), dejando el control del programa al objeto principal.

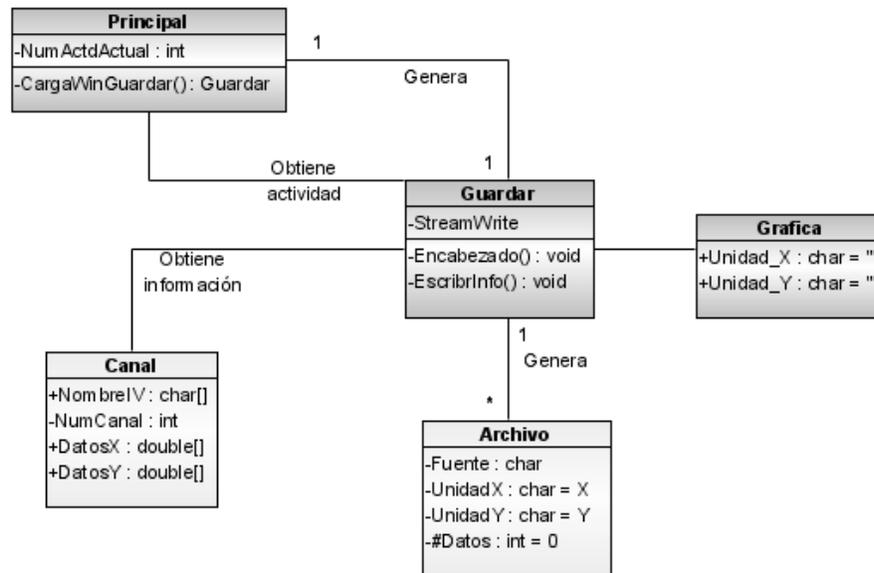


Fig. 2.28: Diagrama de clases para la actividad “Guardar datos”.

La ventana “Guardar como . . .” es un objeto *SaveFileDialog* que tendrá la función de encontrar todos los dispositivos de almacenamiento presentes en el sistema y capturar el nombre del archivo elegido; por medio de su método *OpenFile()* se obtendrá la información necesaria para poder acceder al archivo. El proceso de escritura se realizará por medio de un objeto del tipo *StreamWriter* utilizando el método *WriteLine* el cual recibirá como argumento la cadena de caracteres que será escrita, agregándole un salto de renglón. La codificación de escritura empleada es ASCII.

Creado el archivo se procederá a obtener la información del encabezado de éste, el nombre de la fuente se obtendrá de la propiedad *NombreIV* del objeto canal actual del cual se requiere guardar los datos. Esto debido a que los datos adquiridos de cualquiera de las tres fuentes disponibles serán almacenados temporalmente en objetos del tipo canal; éstos cuando sean creados, a la propiedad *NombreIV*, se le asignará el nombre de la fuente de la siguiente forma: en la adquisición desde el módulo será el nombre del instrumento asignado al canal, en la adquisición desde el teclado será “Manual” y en la adquisición desde archivo será el mismo valor. Posteriormente se procederá a obtener el valor de las unidades para las variables *X* y *Y*, esta información se obtendrá del objeto *Gráfica (WaveformGraph)* actual, a través de sus propiedades *XAxis.Caption* y *YAxis.Caption* respectivamente. Por último, se obtendrá el número de datos por medio de la longitud del arreglo dinámico de datos *X* o *Y*. posteriormente se escribirá el encabezado en el archivo.

Por último se escribirán los valores de las variables *X* y *Y* obteniendo los valores de los arreglos *DatosX()* y *DatosY()* respectivamente, del objeto canal; tomando primero el valor de *X* y se le concatenará el carácter ‘,’ y posteriormente el valor de *Y*. En el apéndice B, figura B.11 se muestra el diagrama de secuencia de ésta actividad.

## 2.8 Análisis estadístico

El objetivo de esta actividad es obtener los valores de los parámetros de las curvas de regresión lineal, exponencial, logarítmica y potencial, así como su representación gráfica; otro valor de importancia que se obtendrá es el coeficiente de determinación cuadrado el cual determina la fiabilidad de una curva de regresión para representar a un conjunto de datos. También se calcularán los parámetros estadísticos del valor máximo, el mínimo, la media, la varianza y la desviación estándar de un conjunto de datos.

Para realizar los cálculos de los estadísticos, se determinó crear una clase pública denominada *Estadística* la cual contiene todas las funciones requeridas para obtener los valores antes mencionados. Lo anterior, se realizará con el objetivo de poder acceder a las funciones estadísticas, desde cualquier objeto que las requiera. La interpretación de los resultados estadísticos arrojados por el sistema queda fuera del alcance de éste tema de tesis.

Para realizar el análisis estadístico cuando la fuente es el módulo de adquisición, el objeto principal creará un objeto del tipo *AnalizadorEs* el cual será la ventana que se utilizará para esta actividad (ver Diseño de la interfaz Gráfica de Usuario, tema 3.1). Una vez creado el objeto, se cargarán los datos del primer objeto *canal* dentro del arreglo *Canales*, también se obtendrán los valores de los parámetros estadísticos y se cargará la ventana de análisis estadístico en el área de trabajo de la ventana principal. A partir de este punto, el usuario tendrá la posibilidad de realizar el análisis de los datos por instrumento o por la combinación de dos instrumentos.

Para las otras dos fuentes, el análisis estadístico se realizará en la misma ventana de trabajo descrita en la adquisición desde archivo y teclado.

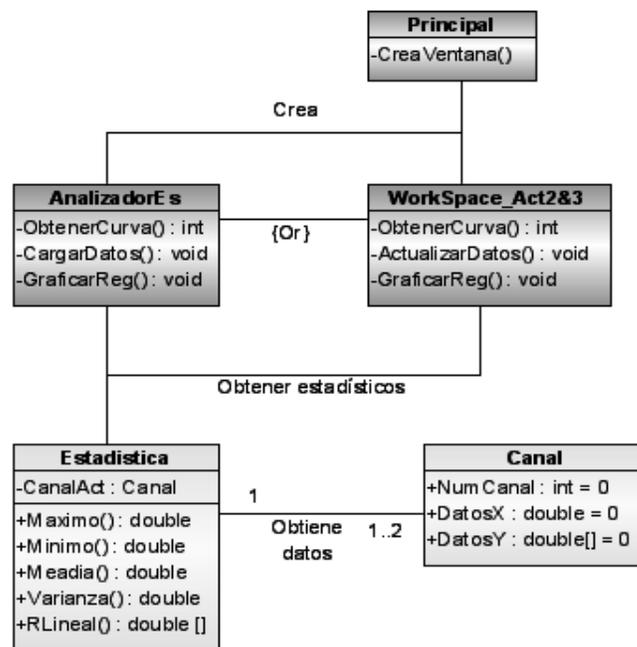


Fig. 2.29: Diagrama de clases involucradas en el análisis estadístico de los datos.

En el apéndice B, figura B.12 se muestran las actividades a realizar al momento de crear la ventana de análisis estadístico, cuando el origen de los datos es el módulo ó un archivo. La figura B.13, muestra las actividades para obtener y graficar las curvas de regresión.

### 2.8.1 Cálculo de los parámetros estadísticos

Se entiende por cálculo de los parámetros estadísticos, obtener el valor del mínimo, el máximo, la media aritmética, la desviación estándar y la varianza de un conjunto de datos. Para tal, se implementaron cuatro funciones: una para obtener el valor mínimo, el valor máximo, la media y otra para obtener la varianza, todas reciben como argumento un arreglo de tipo double con los datos y retornan el valor calculado de tipo double con una precisión de seis cifras después del punto decimal. En el caso de que la representación en cadena del valor obtenido sea mayor a doce caracteres, se utilizará la notación científica "00.00E+00" para su representación.

La función *Maximo* evaluará los dos primeros valores del arreglo de datos, determinará el mayor y lo almacenará temporalmente, este proceso se repetirá hasta que se haya evaluado cada uno de los valores y retornará el valor mayor. El mismo proceso realizará la función *Minimo* para obtener el valor menor de los datos, pero a la inversa.

La función denominada *Media\_Arit()* obtiene el valor de la media aritmética de acuerdo a la siguiente expresión matemática:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

Por su parte, la función *Varianza* se obtiene de acuerdo a la siguiente expresión, debido a que requiere del valor de la media, esta función hace un llamado a la función *Media\_Arit()*.

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{X})^2}{N}$$

Por último, el valor de la desviación estándar se obtiene al calcular la raíz cuadrada del valor de la varianza.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{X})^2}{N}}$$

Debido a que este conjunto de parámetros estadísticos son los mismos para cualquiera de las dos ventanas de análisis estadístico (análisis estadísticos adquiridos desde el módulo y la ventana de trabajo para las otras dos fuentes), se determinó diseñar un método el cual realizará el llamado de las funciones de los estadísticos y colocará los valores calculados en

sus respectivos campos dentro del área asignada para los estadísticos dentro de la ventana de análisis estadístico.

### 2.8.2 Cálculo de los parámetros de las curvas de regresión

Para obtener los valores de los parámetros de las curvas de regresión lineal, exponencial, logarítmica y potencial, se tomo como base la curva lineal. Ya que para calcular los parámetros de las otras curvas no lineales, se realiza una transformación de éstas a una forma lineal.

$$\text{Ecuación lineal: } y = bx + a \quad \dots (1)$$

En los modelos no lineales, antes de proceder ha obtener los valores de los parámetros ‘a’ y ‘b’, se tiene que transformar la ecuación no lineal a una lineal del tipo:

$$Y = BX + A \quad \dots (2)$$

donde los valores de  $Y$ ,  $X$ ,  $A$  y  $B$ , están en función de  $y$ ,  $x$ ,  $a$  y  $b$  respectivamente. A continuación se presentan las ecuaciones no lineales y su transformación lineal.

*Ecuación Exponencial*  $y = ae^{bx}$ . La representación lineal de ésta ecuación tiene la siguiente forma:

$$\text{Ln}(y) = \text{Ln}(a) + bx \quad \dots (3)$$

donde:

$$\begin{array}{l} Y = \text{Ln}(y) \\ X = x \end{array} \quad y \quad \begin{array}{l} A = \text{Ln}(a) \\ B = b \end{array}$$

∴ los valores finales de ‘a’ y ‘b’ serán  $a = e^A$  y  $b = B$ .

*Ecuación Logarítmica*  $y = a + b\text{Ln}(x)$  . . . (4). Esta ecuación ya tiene una representación lineal, donde:

$$\begin{array}{l} Y = y \\ X = \text{Ln}(x) \end{array} \quad y \quad \begin{array}{l} A = a \\ B = b \end{array}$$

aquí los valores obtenidos para ‘a’ y ‘b’ son los finales, pero para obtener estos valores es necesario transformar los valores de ‘x’ a X.

*Ecuación Potencial*  $y = ax^b$ . La representación lineal de ésta ecuación tiene la siguiente forma:

$$\text{Log}(y) = \log(a) + b \log(x) \quad \dots (5)$$

donde:

$$\begin{array}{l} Y = \log(y) \\ X = \log(x) \end{array} \quad y \quad \begin{array}{l} A = \log(a) \\ B = b \end{array}$$

∴ los valores finales de 'a' y 'b' serán  $a = 10^A$  y  $b = B$ .

El método empleado para calcular los parámetros 'a' y 'b' de la regresión lineal fue el método de mínimos cuadrados; donde el valor del parámetro 'b' se obtiene con la siguiente expresión:

$$b = \frac{n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2} \dots (6)$$

y para el parámetro 'a' la expresión matemática es:

$$a = \frac{\sum_{i=1}^n y_i - b \sum_{i=1}^n x_i}{n} \dots (7)$$

Al momento de calcular los parámetros de la curva de regresión, también se obtendrá el valor del coeficiente de determinación cuadrado ( $R^2$ ) el cual determinará si hay o no una buena correlación lineal con respecto a la regresión obtenida. Este valor estará en el rango de cero a uno. Cuando  $R^2$  se aproxima a 1, se dice que hay una buena correlación. Éste valor se obtiene con la siguiente expresión:

$$R^2 = \frac{\left( n \sum_{i=1}^n x_i y_i - \sum_{i=1}^n x_i \sum_{i=1}^n y_i \right)^2}{\left[ n \sum_{i=1}^n x_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n x_i \right)^2 \right] \left[ n \sum_{i=1}^n y_i^2 - \left( \sum_{i=1}^n y_i \right)^2 \right]} \dots (8)$$

Las actividades a realizar para obtener los valores de los parámetros 'a' y 'b' serán las siguientes: primero se obtendrá la referencia al objeto canal que es el origen de los datos, se obtendrá el tipo de regresión. Para obtener el tipo de regresión se utilizará un menú desplegable ubicado en la barra de herramientas del área de la gráfica de las dos ventanas utilizadas para el análisis estadístico, el tipo de regresión estará representada por un valor entero entre cero a tres, siendo cero lineal, uno exponencial, dos logarítmica y tres potencial. En el caso de las curvas no lineales, primero se deberá obtener los valores de X y Y de la ecuación lineal (2), es decir, para la función exponencial se deberán transformar los valores del arreglo original de 'y' a  $Ln(y)$ , para la función logarítmica se transformarán los valores de 'x' a  $Ln(x)$  y para la función potencial se transformarán los valores de 'x' y 'y' a  $log_{10}()$  respectivamente. Estos valores son almacenados temporalmente en un arreglo de tipo bouble el cual se le pasará como argumento a la función *RLineal*.

Posteriormente se procederá a obtener los valores de los parámetros 'A' y 'B', para ello se diseñó una función personalizada denominada *RLineal*, esta función recibirá como argumento dos arreglos *Double*, con los datos a utilizar para obtener los valores de 'A' y 'B' de acuerdo a las ecuaciones 6 y 7. Con ésta función también se obtendrá el valor del coeficiente de determinación cuadrado  $R^2$ , de acuerdo a la ecuación 8. La función retorna un arreglo con los valores de  $R^2$ ,  $B$  y  $A$ ; en ese orden.

Por último, se obtendrá el valor final de 'a' para las funciones exponencial y potencial, donde  $a = e^A$  y  $a = 10^A$  respectivamente.

Una vez obtenidos los valores de los parámetros 'a' y 'b' de la curva de regresión seleccionada, se procederá a generar su gráfica. Primero se obtendrán los valores de  $X$  para obtener los valores teóricos de  $Y$  de la curva actual, posteriormente se creará su objeto *Gráfica* y esta será cargada en el área de graficación de la ventana de análisis, en un color diferente a la gráfica de los datos. La gráfica de la curva de regresión tendrá una etiqueta con el valor de  $R^2$ . Los valores de  $X$  se obtendrán del objeto gráfica, debido a que se puede dar el caso de que la graficación sea por bloques (número de datos mayor a 500), esto con la finalidad de que las graficas coincidan con los datos actualmente graficados.

### 2.8.3 Graficación por bloques de los datos y las curvas de regresión

Como se mencionó anteriormente, si el número de datos es mayor a quinientos, la graficación de los datos y las curvas de regresión se realizará por bloques de quinientos datos por pantalla.

Cada vez que el usuario haga clic sobre los botones de avanzar o retroceder, se graficará un bloque de 500 datos. El bloque de datos a graficar estará en función de un índice inferior ( $I_i$ ) del primer dato en pantalla y de un índice superior ( $I_s$ ) del último dato en pantalla dentro del arreglo de datos actual. Por lo tanto, para obtener el bloque de datos a graficar, cuando se ha seleccionado avanzar, se tomará el  $I_s$  actual y se le sumará quinientos para obtener el nuevo valor del  $I_s$ , por su parte, el  $I_i$  tomará el valor del  $I_s$  actual. Si al obtener el nuevo  $I_s$  resulta que este valor es mayor a la longitud del arreglo de datos, entonces el bloque a graficar será los últimos quinientos datos del arreglo y el  $I_s$  será la longitud del arreglo menos uno, por lo tanto, el  $I_i$  será  $I_i = I_s - 500$ . Para el caso del botón retroceder, el proceso es similar; es decir, al  $I_i$  actual se le restará quinientos y el  $I_s$  tomará el valor del  $I_i$  actual. Si  $I_i - 500 < 0 \Rightarrow I_i = 0$  y el  $I_s$  será igual a quinientos. Este proceso también se utilizará en los objetos del tipo *Instrumento*.

Si actualmente hay una o más curvas de regresión durante este proceso, también se actualizará la gráfica de las curvas de regresión, para ello se tomarán los valores de la variable  $X$  del objeto gráfica y se sustituirán en la función de la curva(s) para obtener los valores teóricos de  $Y$ , posteriormente se trazará su gráfica. No es necesario volver calcular los parámetros de la curva(s) de regresión, ya que estos valores serán almacenados temporalmente hasta que se cierre la ventana de análisis estadístico o se borre la curva(s) de regresión presente(s). Para borrar una curva de regresión, bastará con elegir nuevamente dicha curva de regresión desde el menú desplegable utilizado para elegir una curva de regresión.

## 2.9 Imprimir la tabla o la gráfica de una serie de datos

Para realizar esta actividad se requerirá de la ventana *Imprimir* (ver Diseño de la interfaz gráfica de usuario, tema 3.3). Desde esta ventana se podrá elegir si se imprimirá la gráfica o la tabla de los datos actuales, para ello se utilizará el botón *Elegir impresión*. La opción predeterminada, es decir, al momento de cargar la ventana *Imprimir*, será imprimir la gráfica. Por lo tanto, al crear el objeto *Imprimir* se presentará la gráfica de los datos que actualmente estén graficados en cualquiera de las dos ventanas de análisis estadísticos del sistema, en esta misma opción también se mostrará un marco con las curvas de regresión y los valores de sus parámetros de las curvas que actualmente se hayan obtenido. Dentro de esta opción se contará con un botón denominado *Ampliar* para elegir el tamaño de la gráfica con respecto al original al momento de cargar la ventana *Imprimir*, esto con la finalidad de obtener una mayor fidelidad en la imagen impresa.

También se contará con un botón de *Vista previa* para obtener una vista preliminar del documento impreso, por último se tendrá un botón *Imprimir* para iniciar el proceso de impresión, en este caso se le presentará al usuario un cuadro de diálogo desde el cual podrá elegir la impresora y su configuración.

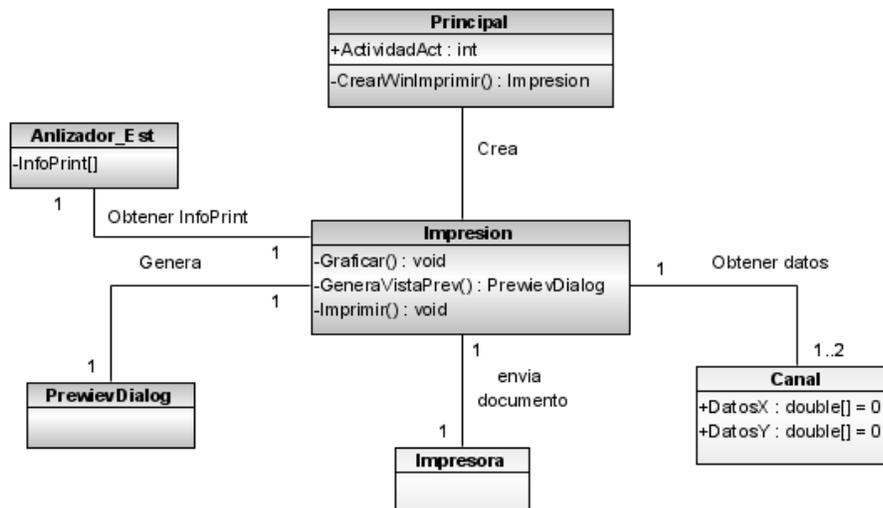


Fig. 2.30: Diagrama de clases para la impresión de la tabla o gráfica de una serie de datos.

### 2.9.1 Formato del documento impreso

El formato para la impresión de la gráfica es el siguiente: el área de impresión se divide en dos partes, la parte superior contendrá el nombre de la fuente y la imagen de la gráfica de los datos. La parte inferior contendrá un cuadro con las curvas de regresión y sus parámetros calculados, el título de ésta área será "Curvas de regresión". En el apéndice C, sección C.14, se muestra un ejemplo de impresión de la gráfica de los datos.

Por su parte, el formato de la impresión de la tabla de los datos será el siguiente: en la parte superior se tendrá como título el nombre del sistema (SAGADE), el nombre de la fuente, el número de datos, el número de página y una línea de separación. Posteriormente estará la tabulación de los datos. Se determinó que el número de caracteres por dato sea de diez

caracteres como máximo, lo cual permitirá que se impriman tres tablas por página con una letra de tamaño 10 y de estilo “Arial”. Cada tabla contará con un encabezado con las unidades de la variable  $X$  y  $Y$ . La siguiente ilustración muestra el formato de la tabla.

<b>SAGADE</b>					
Fuente: Termómetro.					
No. datos: 100					
Pag.: 1 de 2					
[seg]	[° C]	[seg]	[° C]	[seg]	[° C]
1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890
1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890	1234567890

Fig. 2.31: Ejemplo del formato de la impresión de la tabla.

Cuando el origen de los datos sea el módulo de adquisición y se desee imprimir una combinación de dos instrumentos, el valor de la fuente será el nombre del instrumento de  $X$  “Vs” nombre del instrumento  $Y$ , por ejemplo: *Amerímetro Vs Volmetro*. Para el caso de que la fuente sea el teclado, el valor de la fuente será: “Manual”. Y cuando la fuente sea un archivo, el nombre de la fuente será el mismo que contiene el archivo de origen.

### 2.9.2 Generar la gráfica de inicio

El primer paso será crear la gráfica y si es el caso, cargar los valores de las curvas de regresión actuales dentro del área de la ventana *Imprimir*. Para ello se requerirá acceder a la información de la fuente, por lo cual se diseñó una estructura denominada *Info\_Print* la cual contendrá la información necesaria para éste proceso, los campos que componen a la estructura son:

- Nombre de la fuente. Es del tipo string y almacenará el nombre de la fuente actual.
- NumCanal\_X. Es un entero que determinará el número del canal con los datos de  $X$ .
- NumCanal\_Y. Es un entero que determinará el número del canal con los datos de  $Y$ .
- Unidad\_X. Es una cadena con el nombre de la unidad de  $X$ .
- Unidad\_Y. Es una cadena con el nombre de la unidad de  $Y$ .
- Indice\_i. Es un entero que apuntará al dato, dentro del arreglo de los datos, donde comenzará la graficación, si la graficación es por bloques.
- ArrRegresiones. Es un arreglo de tipo booleano de longitud 4. Se utilizará para determinar que curvas de regresión están presentes.
- ArrParam\_R. Es un arreglo de tipo double que contendrá los valores de ‘a’ y ‘b’ de las curvas de regresión presentes.

Los cuatro primeros atributos serán utilizados para generar la imagen de la tabla y la gráfica, los tres últimos se utilizarán para generar la gráfica y el cuadro de regresiones. Ya que se ha terminado el proceso se carga la ventana imprimir en el área de trabajo del objeto principal, a partir de este estado el usuario podrá elegir el tipo de impresión, obtener una vista previa o iniciar la impresión.

Cuando se elija imprimir la tabla no se generará ninguna imagen en el área de la ventana imprimir, para obtener una vista de la tabla se deberá seleccionar la opción de vista previa. En este caso se le presentará al usuario un mensaje con la leyenda “*Para obtener una vista de la tabla, haga clic en la opción Vista previa*”.

### 2.9.3 Proceso para generar la imagen a imprimir

Para obtener una vista previa del documento a imprimir, ya sea la gráfica o la tabla, primero se deberá obtener la imagen que será impresa. Para generar la imagen se utilizó un control *PrintDocument* (llamado *PrintDoc\_G*) y por medio de su evento *PrintPage* se establecerá el código que genera la imagen a imprimir.

Para generar la imagen del documento del tipo *Gráfica*, se hará una copia de la grafica y el cuadro de las curvas de regresión, para ello se utilizó la función *BitBlt* (definida en el archivo *gdi32.dll*) esta función obtendrá una imagen de un objeto *control* de una ventana, y la almacenará temporalmente en memoria como un objeto de mapa de bits. Posteriormente, por medio del subproceso *DrawImage* (dibujar imagen) del evento *PrintPage* se descargará la imagen del documento en una posición específica. El mismo proceso se realizará para obtener la imagen del cuadro de las curvas de regresión. Por último, se generarán los encabezados de ambas imágenes por medio del subproceso *DrawString* del controlador de evento *PrintPage*.

Para generar la imagen del documento tipo tabla se realizarán las siguientes tareas: se creará un objeto *PrintDocument* para generar la imagen, después se generará el encabezado de la página, por medio del subproceso *DrawString* de acuerdo al formato establecido anteriormente. Para dibujar la imagen de éste tipo de documento, sólo se utilizará el subproceso *DrawString*, excepto para dibujar la línea que separa al encabezado de la tabla; para dibujar la línea se utilizará el subproceso *DrawLine*. Posteriormente, se procederá a generar la tabla, para ello se dividirá el área restante de la página en tres partes iguales para obtener tres tablas por página. Después se escribirá el encabezado de las columnas y posteriormente se irán escribiendo los valores de los datos, si el número de caracteres de un dato es mayor a diez se utilizará la notación  $####.##E\pm##$ . Ya que se ha escrito el máximo de líneas por tabla, se escribirá el encabezado de las columnas de la siguiente tabla y se continuará con la escritura de los datos. Este proceso se repetirá hasta que se termine de escribir el total de los datos o se complete el número máximo de líneas por las tres tablas; en este caso se creará una nueva página y se continuará el proceso hasta completar la escritura del total de los datos. A cada nueva página se le pondrá su número de página.

### 2.9.4 Proceso para mostrar una vista previa e iniciar la impresión

Se utilizó un control *PrewievDialog* para mostrar la vista previa del documento elegido. Este objeto será una ventana que muestra la imagen previa del documento a imprimir, por lo tanto requerirá de un objeto *PrintDocument* el cual contendrá la lógica para generar la imagen a mostrar. Para el caso de que se haya elegido imprimir la tabla, esta ventana proporcionará el número de páginas que se requieren para imprimir el total de los datos con esta información, el usuario podrá determinar el número de páginas a imprimir cuando se elija esta opción.

Para iniciar la impresión del documento se utilizó un control *PrintDialog* el cual será una ventana desde la cual el usuario podrá elegir la impresora, determinar el número de páginas a imprimir e iniciar la impresión. Este objeto también requerirá de un objeto *PrintDocument* para obtener la imagen a imprimir. Para el caso de la impresión de la gráfica se utilizará el mismo objeto *PrintDocument* (*PrintDoc\_G*).

Para imprimir la tabla se utilizará el mismo objeto *PrintDocument* utilizado para generar la vista previa, pero aquí el control para generar las posibles nuevas páginas, estará en función del número de páginas a imprimir seleccionadas por el usuario en el cuadro de diálogo *Imprimir* derivado del objeto *PrintDialog*.

En el apéndice B figura B.14, se muestra el diagrama de secuencia de pasos para la actividad imprimir.

### 2.10 Cerrar el programa o cambiar de actividad

Para terminar la ejecución del programa, se contará con dos opciones: el botón de cerrar de la ventana principal y por medio del menú *Archivo/Salir*. Por su parte, para cambiar de actividad, se tendrá el menú *Archivo/Cambiar de actividad*. En ambos procesos, las actividades que se realizarán serán: verificar si hay datos que no han sido guardados y posteriormente realizar la tarea solicitada por el usuario (cerrar o cambiar de actividad).

El objetivo es generar una advertencia al usuario, para darle la oportunidad de guardar una serie de datos antes de cerrar el programa o cambiar de actividad. Para ello, se evaluará la propiedad *Guardar* de la clase *canal*, de los objetos *Canales* disponibles; si esta propiedad tuviera el valor de *True*, se lanzará el mensaje de advertencia en donde se solicitará que confirme si desea guardar los datos, cancelar el proceso o continuar con el proceso (cerrar o cambiar de actividad).

Para el caso de que se solicite guardar los datos, se hará un llamado al proceso de *Guardar una serie de datos*, explicado en el punto 2.7 de éste capítulo. En el caso contrario, se procederá a realizar las siguientes tareas:

- Cerrar programa: en este caso se procederá a terminar la ejecución del programa liberando los recursos ocupados por el mismo.
- Cambiar de actividad: en este caso, se procederá a cerrar cada una de las ventanas utilizadas hasta el momento, así como la liberación de los recursos de los objetos que se estuviesen utilizando al momento. Posteriormente se hará uso del proceso “*Crear y cargar la ventana para elegir actividad*” descrita en el punto 2.3 *Inicio del programa*.

En el apéndice B, figura B.15 se muestra el diagrama de secuencia para estas dos actividades.

## ***Capítulo III***

### ***Pruebas y resultados***

En este capítulo se describen las pruebas realizadas al sistema SAGADE y los resultados obtenidos basados en los requisitos planteados en el Capítulo II “*Análisis de requisitos*”. Las pruebas se realizaron por etapas utilizando el mismo criterio que se usó durante el proceso de escritura de esta tesis, es decir, las pruebas se realizaron en tres fases: la fase de inicio, la fase de adquisición de datos y la fase del manejo de los datos obtenidos. En cada fase se describen las pruebas realizadas y sus resultados, de acuerdo a la operación deseada (ejecución del sistema).

#### ***3.1 Fase I. Prueba de la fase de inicio***

La ejecución deseada en la fase de inicio fue la siguiente: iniciar el programa a través de uno de los accesos directos, mostrar la ventana de presentación, posteriormente la ventana *Principal* y después la ventana para elegir una actividad. Dentro de esta primera fase, se creó el primer objeto requerido para la siguiente fase de acuerdo a la actividad elegida, si la actividad era la adquisición desde el módulo, se mostró la ventana para elegir un instrumento y asignarle un canal, para la adquisición desde archivo se debió mostrar la ventana de “*Abrir archivo*” y para la adquisición desde el teclado se cargó la ventana para introducir los datos.

Las pruebas realizadas en la fase de inicio fueron las siguientes: primero se ejecutó el programa y se verificó si la secuencia de ventanas fue la mencionada anteriormente hasta donde apareciera la ventana para elegir actividad. El resultado obtenido fue favorable de acuerdo a la secuencia esperada. Posteriormente, con la ventana para elegir actividad presente, se eligió una actividad a la vez y se verificó que la siguiente ventana fuese la correcta, de acuerdo a lo establecido anteriormente los resultados fueron favorables. Por último, se realizó la prueba de cerrar la ventana “*Elegir actividad*” sin que se hubiera elegido una actividad, en este caso el resultado obtenido fue que sólo se activaron las opciones de elegir una actividad y/o cerró el programa, lo cual se considera aceptable. Por lo tanto, la fase de inicio es considerada adecuada de acuerdo a lo estipulado. En el apéndice C, figuras C.1 y C.2 se muestra la secuencia de ventanas al inicio del programa.

#### ***3.2 Fase II: Pruebas para la Adquisición de datos desde el módulo***

Para esta actividad se realizaron pruebas en las etapas de configuración del módulo de adquisición, durante el proceso de adquisición y cuando ya se había terminado la adquisición. Se entiende por configuración del módulo las actividades correspondientes a la elección de un instrumento, asignación de este a un canal y la obtención de los parámetros de adquisición.

### 3.2.1 Pruebas referentes a la elección de instrumento y asignación de canal

Para realizar la elección de un instrumento y asignarle un canal, se utilizó la ventana con el mismo nombre, dentro de esta ventana se pudieron realizar las siguientes actividades: asignar un instrumento a un canal libre, liberar un canal ocupado, cambiar de un instrumento a un canal y cerrar la ventana (aceptar las elecciones realizadas)

La primera prueba consistió en elegir un instrumento y asignarle un canal libre, en este caso, se apreció que al momento de arrastrar y soltar la etiqueta de un instrumento hacia la etiqueta de un canal, se creó la representación visual del instrumento y fue cargada en el área de trabajo de la ventana principal, en la ubicación correspondiente al canal; además la actualización del arreglo de objetos *Canal* fue adecuada.

La siguiente prueba consistió en intentar asignar un instrumento a un canal ocupado. El resultado obtenido fue un cuadro de dialogo en el cual se le notificó al usuario que dicho canal contenía actualmente un instrumento y que, para poder realizar el cambio, primero se debería liberar el canal (figura 3.1). Al cerrar el cuadro de diálogo se retornó al estado anterior.

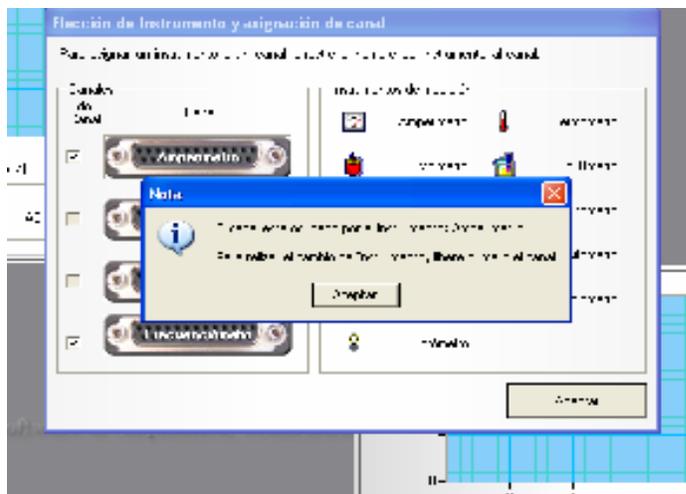


Fig. 3. 1: Mensaje mostrado al intentar asignar un instrumento a un canal ocupado.

La siguiente prueba que se realizó fue la liberación de un canal, para ello se desactivó la casilla de verificación del canal, acto seguido se mostró un cuadro de dialogo donde se le pedía al usuario que confirmara la liberación del canal debido a que dicho canal pudiese contener datos que no hubieran sido guardados, en caso de que los datos ya hayan sido guardados, de igual forma se le pide al usuario que confirme la liberación (figura 3.2)

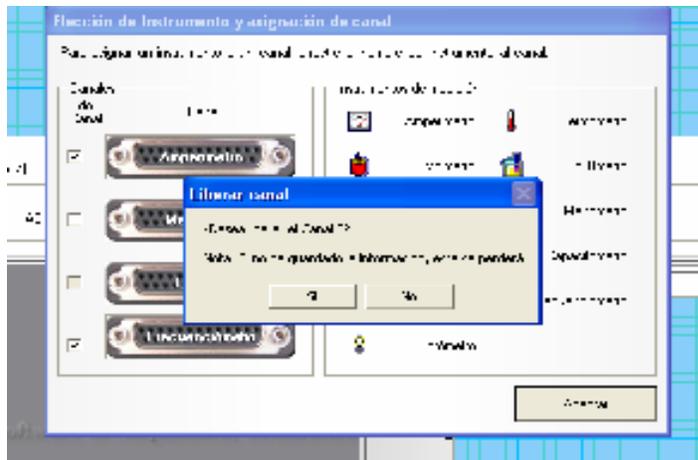


Fig. 3.2: Mensaje mostrado al momento de realizar la liberación de un canal.

Al aceptar la liberación, se quitó la representación visual del instrumento, se actualizó el arreglo *Canales* y se retornó a la ventana de elección de instrumentos. En el caso contrario no se realizó ninguna acción.

La última prueba realizada fue para determinar el comportamiento del sistema al hacer clic sobre el botón aceptar, aquí se obtuvieron dos resultados. En el primer caso se contaba con al menos una asignación, en este se cerró la ventana de elección de instrumento devolviendo el control a la ventana principal, se actualizó la barra de herramientas y el menú principal activando los comandos para ingresar los parámetros de adquisición e iniciar la adquisición de los datos; para el segundo caso fue lo contrario, se cerró la ventana después de mostrar un mensaje al usuario advirtiéndole que para poder continuar con esta actividad era necesario elegir al menos un instrumento, por lo tanto no se activaron los comandos como en el primer caso.

### 3.2.2 Pruebas referentes a la obtención de los parámetros de adquisición

Como se ha mencionado anteriormente, para la realización de esta actividad se utilizó la ventana *Parámetros*, a la cual se accedió a través del botón *Parámetros*, ubicado en la barra de herramientas o por el menú *Instrumento/Parámetros de adquisición*. Ya abierta la ventana se mostró una plantilla con los campos para introducir el valor del tiempo entre muestras, el número de muestras o si se prefería, un intervalo de tiempo en el que se obtendrían los datos, estos dos últimos son mutuamente excluyentes. Al introducir un valor se verificó que este fuese el correcto (un número), en el caso contrario, se colocó en el cuadro de texto el valor predeterminado para ese campo.

Para elegir el puerto serie se utilizó la lista desplegable “*Puertos*” de la segunda paleta de esta ventana, la cual mostró todos los puertos COM disponibles, si el módulo de adquisición no estuviera conectado y encendido no se cargaría el puerto COM virtual en la lista de puertos. Para este caso, una vez que se ha conectado y encendido el módulo, se cargó nuevamente la lista de puertos por medio del botón *Buscar puertos*. Para determinar si estaba presente el puerto serie virtual en la lista, fue necesario conocer el número de puertos COM físicos y MODEM’s en la PC, ya que el puerto virtual tuvo el número mayor

de los puertos COM de la PC; por ejemplo, si la PC tuviese un puerto COM y un MODEM entonces el puerto virtual aparecerá en la lista como COM3 ya que el COM1 es el puerto físico y el COM2 es el MODEM.

Ya que se han dado los parámetros de adquisición, se procedió a cerrar la ventana al hacer clic en el botón *Aceptar*, si los valores numéricos introducidos estuvieran fuera del intervalo preestablecido por el sistema (tiempo entre muestras de 0.001 a 3600 segundos, número de muestras de 4 a 10,000 y para el intervalo de tiempo esta en función de éste y el tiempo entre muestras:  $4 < \frac{\text{Intervalo\_tiempo}}{\text{tiempo\_entre\_muestras}} > 10000$ ), estos valores se establecen

a su valor predeterminado. Para realizar una modificación de algún parámetro, se repitió el proceso anterior.

### 3.2.3 Pruebas realizadas durante el proceso de adquisición

Las pruebas realizadas durante el proceso de adquisición estuvieron orientadas a comprobar lo siguiente: que la recepción de la información, procesamiento de los datos, almacenamiento y graficación cumplieran con el requisito de graficación en tiempo real y que la gráfica representase adecuadamente a la señal física. Las otras pruebas que se implementaron estuvieron orientadas a comprobar la conectividad entre la PC y el módulo.

La prueba de graficación consistió en utilizar un generador de señales, el cual fungió como un instrumento de medición para generar una señal senoidal con una frecuencia de 1 [Hz] y amplitud de 2 [V], posteriormente se realizaron las conexiones físicas y se configuró el programa para que obtuviera 1000 muestras, con un tiempo entre muestras de un milisegundo. El resultado obtenido fue un ciclo de la señal senoidal original donde el tiempo del proceso fue de 1.0231 segundos para cuatro instrumentos y la amplitud de 2 [V] lo cual se considera como aceptable.

En una primera etapa, los resultados obtenidos no cumplieron con el requisito de graficación en tiempo real, ya que el tiempo en el que se llevó el proceso fue mucho mayor al tiempo teórico establecido en una proporción de diez veces más lento. El proceso en este caso fue que se iba obteniendo y graficando dato por dato, por lo cual, para cuando el tiempo entre muestras fuese menor a 200 [ms] se tenía este problema. Además de que al momento de obtener el valor real del dato, por parte del objeto *Control\_Adq*, este enviaba el valor obtenido al objeto *Instrumento* como una variable del tipo *Double* lo cual, internamente, llevó más tiempo de proceso a que si se enviase una variable del tipo entero de 16 bits. Para solucionar éste problema, se determinó que, cuando el tiempo entre muestras fuese menor a 200 [ms], la graficación se realizaría por bloques de datos, cuyo tamaño esta determinado por:  $\text{Bloque} = 40 \times \text{NumC}$ , donde NumC es el numero de canales activos. También se determinó que el proceso para obtener el valor final del dato quedara a cargo del objeto *Instrumento* en lugar del objeto *Control\_Adq*, de esta forma se obtuvieron los resultados antes mencionados.

El objetivo de las pruebas de conexión fue comprobar las acciones realizadas por el sistema en el caso de que se interrumpiera la conexión PC-Módulo. Para realizar esta prueba

primero se configuró el sistema de la siguiente manera: se cargaron un par de instrumentos y se introdujeron los parámetros de adquisición, posteriormente se desactivó el módulo (se entiende por desactivar el módulo a las acciones de desconectar el cable USB, apagar o reiniciar el módulo) y se inició el proceso de adquisición. El resultado obtenido fue un cuadro de diálogo en el cual se le notificó al usuario que no fue posible configurar el módulo ya que este no fue detectado. No se activaron los comandos para realizar el análisis estadístico ni la opción de guardar.

El mismo procedimiento se realizó durante el proceso de lectura de la información y el resultado obtenido fue el mismo que en el caso anterior. En este caso, si el número de datos obtenidos hasta el momento de la falla era mayor a 4, se activaron los comandos para el análisis estadístico y guardar. La otra prueba realizada fue la de cancelar el proceso de adquisición desde el programa, el resultado obtenido fue la cancelación del proceso y el reinicio del módulo, es decir, ponerlo en estado de “espera” para una nueva adquisición de datos. Posteriormente se inició una nueva adquisición y el sistema funcionó adecuadamente.

Para determinar la conexión PC-Módulo, se utilizó el argumento “*ByteRead*” de la función *ReadFile* para comprobar que se estuviese recibiendo información por parte del módulo. Para poder utilizar esta propiedad e interrumpir el proceso de lectura fue necesario configurar el tiempo de espera de lectura del puerto serie, por medio de la función *SetCommTimeouts* previa modificación de la propiedad *ReadIntervalTimeout* de la estructura de datos *COMMTIMEOUTS*.

En el apéndice C, figura C.3 se muestra una imagen del programa durante el proceso de adquisición con cuatro instrumentos. De la figura C.4 a la C.6 se muestran los mensajes que describen la falla que ha ocurrido durante el proceso de adquisición.

### *3.3 Pruebas para la adquisición de datos desde archivo*

Las secuencia esperada para esta actividad fue la siguiente: primero mostrar la ventana *Abrir archivo*, una vez que se haya elegido y localizado el archivo se presente la ventana de trabajo para esta actividad con la tabla y la gráfica de los datos ya cargados. Las pruebas planteadas para esta actividad estuvieron orientadas a comprobar el formato del archivo, el proceso de lectura y el generar la ventana de trabajo.

La primera prueba consistió en abrir un archivo que cumpliera con el formato establecido (caso ideal), el resultado fue el esperado, es decir, una vez seleccionada esta actividad se mostró la ventana para abrir un archivo y al dar clic en el botón *Abrir*, se cerró esta ventana y se cargó la ventana de trabajo con la tabla completa, su gráfica y lista para realizar el análisis estadístico. También se cargaron los valores de los datos estadísticos.

La siguiente prueba fue el intentar abrir un archivo inexistente, para ello en el cuadro de texto *Nombre del archivo* se escribió un el nombre de un archivo inexistente y se pidió abrir, el resultado fue un mensaje para notificarle al usuario que el archivo no existe y la ventana *Abrir archivo* permaneció en pantalla hasta que se eligió un nuevo archivo o se canceló el proceso. Para este último caso se cerró la ventana y se retornó el control a la

ventana principal donde sólo se activaron las opciones para elegir actividad y cerrar el programa.

En la última prueba realizada se intentó abrir un archivo cuya información no coincidía con el formato del archivo, aunque este tuviese la terminación destinada a los archivos del sistema, en este caso, se le notificó al usuario que el archivo estaba dañado y el proceso se terminó como en el caso anterior.

### *3.4 Pruebas para la adquisición de datos desde el teclado*

La secuencia de tareas deseada dentro de esta actividad fue la siguiente: cargar la ventana de trabajo para dicha actividad con la tabla de datos vacía, al momento que el usuario introduzca los valores de las variables  $X$  y  $Y$ , se actualicen los valores estadísticos (el máximo, el mínimo, etc.) y se genere la gráfica.

La prueba realizada en esta actividad consistió en ir introduciendo los valores de las variables  $X$  y  $Y$  en la tabla, para ello se introdujo primero el valor de  $X$  y con la tecla de tabulación se cambió de columna para introducir el valor de  $Y$ , y nuevamente con la tecla de tabulación se cambió de columna para introducir el siguiente valor de  $X$ , y así sucesivamente. Al momento de que se han introducido todos los valores de ambas variables, se actualizó el valor de los estadísticos y se generó la gráfica. Otra forma en la que se introdujeron los datos fue introducir el valor de alguna de las variables, presionar la tecla *Intro* en lugar de la tecla *Tabular*, así se cambió de renglón y si no se introdujo el valor de la otra variable, esta obtiene el valor por defecto de cero; esto podría ocasionar confusión si no se está atento al momento de la introducción los datos, ya que la gráfica y los estadísticos se renuevan con los valores actuales presentes en la tabla. Lo anterior se considera aceptable por el hecho de que en esta actividad se pueden modificar los valores introducidos.

### *3.5 Pruebas realizadas para la fase III: manejo de los datos*

En esta sección se describen las pruebas realizadas para las actividades referentes a la obtención de las curvas de regresión, imprimir la tabla o gráfica y guardar una serie de datos. Las pruebas realizadas se dividieron en dos grupos; el primero contuvo las pruebas realizadas cuando la fuente de datos fue el módulo de adquisición y el segundo contuvo las pruebas hechas cuando la fuente de datos era un archivo o el teclado.

Cuando la fuente de datos fue el módulo y ya se habían obtenido los datos, se activaron los comandos para realizar el análisis estadístico y el de guardar. Al elegir la opción para realizar el análisis estadístico, se cargó la ventana diseñada para esta actividad con los datos contenidos en el primer objeto *Canal* creado y también se mostraron los valores de los estadísticos; cuando el número de instrumentos presentes fue mayor a dos se activó la opción para realizar el análisis para la combinación de dos instrumentos.

La siguiente prueba consistió en cargar los datos de todos los instrumentos presentes, primero por un solo instrumento y posteriormente se realizó la combinación de dos instrumentos, en ambos casos se generó satisfactoriamente la gráfica, la tabla y se actualizaron los valores de los estadísticos. La forma de realizar la elección del tipo de

análisis (por instrumento o por combinación) fue muy intuitiva, ya que se contó con dos controles *botones* para seleccionar el tipo de análisis. Para el primer caso, al seleccionar un instrumento de la lista desplegable, se obtuvo automáticamente su gráfica, la tabla y los estadísticos; en el segundo caso, fue necesario elegir el instrumento que fungiría como variable  $X$  y el que fungiría como variable  $Y$ , posteriormente hacer clic sobre el botón cargar, el resultado obtenido fue igual que en el caso anterior.

Posteriormente se realizó la prueba para obtener las curvas de regresión, para ello, una vez cargados los datos, se eligió el tipo de curva a través del botón *Curvas de regresión*, el cual mostró una lista con las cuatro curvas disponibles en el sistema, para generar la curva bastó con hacer clic sobre el nombre de ésta y automáticamente se generó la gráfica y se mostraron los valores de los parámetros ' $a$ ' y ' $b$ ' de la curva seleccionada. La gráfica de la curva tiene una etiqueta que muestra el valor de  $R^2$  además de dibujarse en un color específico siendo: verde claro para la lineal, rojo para la exponencial, azul la logarítmica y verde oscuro para la potencial.

Para el caso en el que el número de datos fue mayor a quinientos, se activaron los botones para navegación, es decir, para mostrar el resto de los datos. Al momento de avanzar o retroceder en la gráfica y si se tuviera una curva de regresión, todas las curvas se actualizaron adecuadamente. También se probó la guía de la gráfica, la cual se activó por medio del botón *Guía*, la cual se ubicó en un punto específico de cualquiera de las gráficas presentes mostrando el valor de  $X$  y  $Y$ . También se pudo observar que, al momento de cargar una nueva serie de datos, toda la información anterior (gráficas y parámetros de las curvas de regresión) se borraron dejando el sistema listo para realizar el análisis de nuevos datos. En ésta se activó el botón *Retornar* de la barra de herramientas de la ventana principal, cuando se hizo clic sobre éste, se cerró la ventana de análisis estadístico y se retornó al estado anterior, mostrando la representación visual de los instrumentos que se ocultaron al momento de elegir esta actividad.

Cuando la fuente fue un archivo o el teclado y ya se contaba con datos (segundo caso), se realizaron las mismas pruebas que en la adquisición de datos desde el módulo, obteniendo los mismos resultados; la diferencia radicó en que en estas dos fuentes, al momento de agregar un nuevo renglón a la tabla o modificar algún valor de  $X$  o  $Y$ , se actualizó la gráfica de los datos, la gráfica de las curvas de regresión presentes, el valor de los parámetros ' $a$ ' y ' $b$ ' y los valores de los estadísticos.

En el apéndice C, figura C.7, se muestra la imagen de la ventana “Análisis estadístico desde el módulo” y en la Figura C.8 se muestra una imagen de la ventana “Adquisición de datos desde teclado” durante el análisis estadístico.

### 3.5.1 Pruebas relacionadas con el análisis estadístico

El objetivo de estas pruebas es determinar si los valores obtenidos de los estadísticos (media, varianza, etc.) y los parámetros ' $a$ ' y ' $b$ ' de las curvas de regresión son correctos. Como se mencionó en el capítulo anterior (3.2 Análisis estadístico), se tiene una clase *Estadística* con todas las funciones para calcular los estadísticos, por lo tanto, las pruebas

realizadas son válidas independientemente de la fuente de la cual se hayan obtenido los datos.

La primera prueba realizada consistió en obtener 31 datos desde el módulo para cuatro instrumentos, posteriormente se realizó el análisis estadístico; se obtuvieron los parámetros 'a' y 'b' de las cuatro curvas de regresión; los valores de los estadísticos se obtuvieron automáticamente al momento de elegir un instrumento, los valores obtenidos fueron los siguientes:

Curva	a	b	R <sup>2</sup>	Ecuación
Lineal	0.00973	4.87153	0.8745	$y = 0.00973 + 4.87153x$
Exponencial	0.02180	73.47016	0.7626	$y = 0.02180e^{73.47016x}$
Logarítmica	0.29344	0.04689	0.7134	$y = 0.29344 + 0.04689\ln(x)$
Potencial	2.46283	0.80924	0.8147	$y = 2.46283x^{0.80924}$

Tabla 1. Resultados obtenidos con el sistema SAGADE para los parámetros 'a' y 'b'.

Estadístico	Valor
No. Datos	31
Máximo	0.166935
Mínimo	0.009426
Media	0.087673
Varianza	0.0022243
Desviación estándar	47.4E-03

Tabla 2. Resultados obtenidos con el sistema SAGADE para los parámetros estadísticos.

Con los mismos datos y utilizando un programa para realizar cálculos y análisis de información, en específico *Microsoft Excel* se realizaron las mismas operaciones que realiza este sistema para obtener los valores de los estadísticos y las curvas de regresión; los resultados obtenidos se muestran en la siguientes tablas:

Curva	a	b	R <sup>2</sup>	Ecuación
Lineal	0.009728	4.871532	0.874489	$y = 0.009728 + 4.871532x$
Exponencial	0.021803	73.470158	0.762568	$y = 0.021803e^{73.47016x}$
Logarítmica	0.293443	0.046887	0.713366	$y = 0.293443 + 0.04688\ln(x)$
Potencial	2.462848	0.809245	0.814698	$y = 2.462848x^{0.809245}$

Tabla 3. Resultados obtenidos con Microsoft Excel para los parámetros 'a' y 'b'.

Estadístico	Valor
No. Datos	31
Máximo	0.166935
Mínimo	0.009426
Media	0.087673
Varianza	0.0022243
Desviación estándar	47.4E-03

Tabla 4. Resultados obtenidos con Microsoft Excel para los parámetros estadísticos.

Como se puede apreciar en las tablas, los valores obtenidos por este sistema varían en las dos últimas cifras; esto se debe a la forma de mostrar los valores obtenidos dentro de la interfase gráfica, es decir, la representación en cadena de caracteres de los valores obtenidos fue más corta que el valor real, sin embargo, en cuanto al valor real, los resultados obtenidos fueron exactamente iguales. Por lo anterior, se concluye que el cálculo de los estadísticos es satisfactorio. Se decidió realizar las pruebas con el programa de *Excel* debido a que éste es ampliamente utilizado para este tipo de aplicaciones.

En el apéndice C, figura C.9, se muestra el documento impreso de *Excel* utilizado para realizar esta prueba, en la figura C.7 se muestra la imagen de la ventana para realizar el análisis estadístico desde el módulo con los resultados de esta prueba.

Otra prueba que se realizó fue la de generar un archivo con una serie de datos creada en *Excel* y posteriormente se realizó el análisis estadístico con el sistema, por medio de la actividad “Adquisición desde archivo” los resultados fueron exactamente los mismos.

### 3.5.2 Pruebas para guardar una serie de datos

Durante la ejecución del sistema, esta actividad sólo estuvo disponible en los siguientes estados: dentro de la adquisición desde el módulo, se activó una vez que se terminó la adquisición de datos y durante el análisis estadístico. Para el primer caso, se accedió a la opción de *Guardar*, el sistema mostró la ventana “*Guardar*” con el espacio “Nombre del archivo” con el nombre del instrumento, por supuesto este se puede cambiar así como elegir la unidad y archivo de almacenamiento. La ventana se mostró para cada uno de los instrumentos presentes, para distinguir el instrumento actual, en el título de la ventana se mostró la siguiente leyenda:

“Guardar los datos de: *Instrumento*”

donde *Instrumento* es el nombre del instrumento actual.

Cuando se estuvo trabajando con la ventana de “Análisis”, solo se mostró una vez la ventana “*Guardar*” y los datos que se guardaron fue con los que actualmente se estuvo trabajando.

Si la actividad fue la adquisición desde archivo o teclado, la opción de guardar se activó cuando se introdujo un nuevo renglón a la tabla o se cambió un valor de los datos presentes, al acceder a la opción de guardar, el proceso fue el mismo que en el caso anterior.

En el apéndice C, figura C.10 se muestra un ejemplo de la ventana guardar, cuando la fuente es un instrumento.

### 3.5.3 Pruebas de impresión

El comando para esta actividad solo se activó durante el proceso del análisis estadístico, dentro de la adquisición desde el módulo y en las otras dos fuentes, después de que se contó

con más de cuatro datos. En todos los casos se imprimieron los datos con los que se estuvo trabajando al momento de elegir ésta opción.

Cuando se eligió la opción de imprimir, se mostró la ventana *Imprimir* con la gráfica de los datos y los valores de los parámetros de las curvas de regresión presentes. Con la ventana cargada, se realizaron las pruebas para comprobar el comportamiento para cada uno de los comandos de ésta de la siguiente forma:

- Cambiar el tamaño de la gráfica: se pudo observar que el tamaño de la gráfica de los datos aumenta o disminuye de tamaño con respecto al tamaño mostrado en la ventana *Imprimir*.
- Generar vista previa: se mostró una ventana de vista previa con la imagen que sería impresa. En el caso de que se haya elegido la tabla, se mostraron cada una de las páginas que se obtendrían si los datos no cupieran en una sola página. Dentro de esta ventana no se pudo iniciar el proceso de impresión y se contó con las opciones típicas de este tipo de ventanas (zoom, cambiar de página, etc.).
- Elegir tipo de impresión: con este comando se eligió si se imprimiría la tabla o la gráfica. Cuando se eligió la tabla, solo estuvieron disponibles las opciones para obtener una vista previa o iniciar la impresión.
- Iniciar el proceso de impresión: se abrió una ventana desde la cual se pudieron realizar las siguientes acciones: elegir la impresora, acceder a las propiedades de la impresora, elegir el número de páginas a imprimir e iniciar la impresión.

El resultado fue el documento impreso de acuerdo a lo establecido y la ventana de *Imprimir* se cerró terminando el proceso, dejando el sistema en el estado en el que se encontraba al momento de realizar esta operación.

En el apéndice C, figura C.11 se muestra la ventana imprimir cuando se ha elegido imprimir la gráfica, en la figura C.12 se muestra una imagen de la ventana vista previa cuando se ha elegido imprimir la tabla. En las figuras 13 y 14 se muestra un ejemplo de la impresión de una tabla y de la gráfica, respectivamente.

### *3.6 Control de ejecución del programa*

Como se ha mencionado a lo largo de este capítulo, la secuencia de ventanas utilizadas fue la correcta, así como la activación/desactivación de los comandos, de acuerdo a la actividad y su estado.

Por último, se realizaron las pruebas relacionadas con el cambio de actividad y cerrar el programa, en cualquier estado y en cualquier actividad.

En ambos casos los resultados obtenidos fueron los siguientes: si los datos presentes no habían sido guardados, el sistema notificó al usuario si deseaba guardar los datos, en caso afirmativo, se procedió a guardar los datos de acuerdo a lo descrito anteriormente. Posteriormente se presentó la ventana para elegir actividad y todos los objetos presentes fueron eliminados, es decir, el sistema pasó al estado de inicio. Si la acción elegida fue

cerrar el programa, se verificó si los datos habían sido guardados y posteriormente terminó la ejecución del programa.

## ***Conclusiones y recomendaciones***

La interpretación de los resultados obtenidos en el capítulo anterior se realizará de acuerdo a los requisitos funcionales (Análisis de requisitos) a la par de éstos, se analizarán los requisitos restantes relacionados directamente con los requisitos funcionales.

### *Inicio del programa*

El programa se inició adecuadamente a través de los dos accesos directos creados en la instalación del programa, la secuencia de ventanas fue correcta desde la presentación hasta que se cargó la ventana para elegir una actividad. Esta última se mostró después de cargar la ventana principal desde la cual se llevó a cabo el control de todo el programa.

Requisitos presentes:

Clave	Descripción	Evaluación
R12	Ventana Principal: controla y contiene todas las subventanas que son parte del sistema en un área de trabajo.	Si
R00	Al iniciar, se deberá mostrar una pantalla de presentación y dejar el programa listo para iniciar una actividad	Si

Habiendo elegido una actividad se generó el siguiente elemento necesario de acuerdo a la actividad elegida, mostrando al usuario al siguiente paso a realizar.

### *Adquisición de datos desde el módulo*

La primera parte dentro de esta actividad fue la configuración del sistema que contiene las actividades de elegir instrumento/canal y obtener los parámetros de adquisición.

La forma de elegir los instrumentos y asignarle un canal fue sencilla y se tuvo una respuesta inmediata del programa al generar la representación visual del instrumento dentro del área de trabajo, de la ventana principal, de acuerdo a lo ya establecido. Para cambiar alguna asignación, bastó con hacer clic en la casilla de verificación del canal y confirmar la acción teniendo como respuesta la liberación del canal, quitando la representación visual de éste de la ventana principal. En conclusión, esta actividad cumplió con todas las expectativas.

La obtención de los parámetros fue intuitiva, ya que la ventana para esta actividad contó con los campos necesarios para introducir los valores y además, se verificó que la información recibida fuese la correcta.

Requisitos presentes:

Clave	Descripción	Evaluación
R02	Obtener del usuario los Parámetros para configurar el Módulo de adquisición.	Si
R14	Ventana Parámetros de Adquisición: contenga los campos para que el usuario introduzca el # de datos a adquirir, tiempo entre datos, puerto serie.	Si
R05	Elegir la representación visual de los instrumentos con los que se trabajará.	Si
R15	Ventana para elegir instrumento virtual y canal.	Si

La siguiente etapa generó el controlador del puerto serie e inició la comunicación PC-Módulo y se configuró éste último de acuerdo a la información obtenida en la etapa anterior. En caso de existir una falla, se le comunicó al usuario cual fue y la acción a realizar.

Requisitos presentes:

Clave	Descripción	Evaluación
R03	Establecer comunicación con el Módulo de adquisición.	Si
R21	Protocolo de comunicación	Si

En la última etapa se leyó la información, se obtuvieron los datos y la gráfica para cada uno de los canales activos en tiempo real. Se verificó que la información fuese la correcta, de acuerdo al protocolo de comunicación, además de verificar la conexión PC-Módulo. En caso de existir una falla, se le comunicó al usuario cual fue y la acción a realizar.

Requisitos presentes:

Clave	Descripción	Evaluación
R04	Lectura de información proveniente del MA.	Si
R28	Procesamiento en tiempo real.	Si
R29	Generar gráficas de datos al momento que son requeridos.	Si

Por lo anterior se concluye que esta actividad es adecuada y cumple con lo esperado.

#### *Adquisición de datos desde archivo*

Los datos almacenados en un archivo se podrán consultar a futuro, además de poder realizar el análisis estadístico, editar la tabla, guardar e imprimir; todo esto desde la ventana denominada “*Adquisición desde archivo*”. La forma de acceder a un archivo, se realizó de la misma manera que en cualquier otra aplicación del sistema operativo Windows, es decir, por medio del control “Abrir archivo...”. Por lo tanto, el objetivo de esta actividad fue logrado.

Requisitos presentes:

Clave	Descripción	Evaluación
R08	Adquirir datos desde un archivo.	Si
R17	Ventana para realizar el análisis estadístico.	Si
R19	Datos de entrada desde archivo. Contiene la información de la fuente y la serie de datos (x, y), como cadena de caracteres.	Si
R29	Generar gráficas de datos al momento que son requeridos.	Si

#### *Adquisición de datos desde el teclado*

Con esta actividad se brindó al usuario una herramienta para realizar el análisis estadístico, cuando no fue posible ingresar los datos por alguna de las otras dos fuentes del programa. Para ello se contó con una ventana similar al punto anterior, denominada “*Adquisición desde teclado*”.

Requisitos presentes:

Clave	Descripción	Evaluación
R08	Adquirir datos desde el teclado.	Si
R17	Ventana para realizar el análisis estadístico.	Si
R20	Datos de entrada desde el teclado. Números decimales introducidos por el usuario.	Si
R29	Generar gráficas de datos al momento que son requeridos.	Si

### *Guardar datos*

El objetivo fue alcanzado, teniendo como resultado un archivo con la información, la fuente y los datos de acuerdo al formato establecido. El archivo generado se pudo abrir con un editor de texto, por si se deseara trabajar con otro sistema.

Requisitos presentes:

Clave	Descripción	Evaluación
R11	Guardar datos en archivo.	Si
R22	Archivo de texto plano con la información de la fuente y los valores de una serie de datos.	Si

### *Imprimir la tabla o la gráfica de los datos*

Se presentó la opción de elegir el tipo de impresión (tabla o gráfica), teniendo la posibilidad de obtener una vista previa de la impresión, así como la posibilidad de elegir la impresora y su configuración. El proceso fue muy similar a cualquier aplicación de Windows, lo cual familiarizó al usuario con el sistema. La impresión fue en blanco y negro por cuestiones económicas.

Requisitos presentes:

Clave	Descripción	Evaluación
R10	Imprimir. Impresión de la tabla o la gráfica de los datos.	Si
R16	Ventana para elegir el tipo de impresión.	Si

### *Análisis estadístico*

Para el caso de la adquisición desde el módulo, se pudo realizar el análisis de dos instrumentos o individualmente por medio de la ventana "*Análisis estadístico para datos obtenidos desde el Módulo*". La elección del tipo de análisis (individual o combinación de dos instrumentos) fue intuitiva, al igual que la elección para obtener los valores de los parámetros 'a' y 'b' y la grafica de una curva de regresión. El cálculo de los estadísticos, en cualquier fuente, se realizó de forma automática.

Los valores obtenidos para los estadísticos de la media, la varianza, la desviación estándar, el máximo y el mínimo, así como los valores de los parámetros ('a', 'b') de las cuatro curvas de regresión y su coeficiente de correlación cuadrado fueron los correctos.

Requisitos presentes:

Clave	Descripción	Evaluación
R09	Análisis estadístico. Cálculo de: el mínimo, el máximo, la media, la desviación estándar, la varianza. Los parámetros 'a' y 'b' de las curvas de regresión lineal, exponencial, logarítmica y potencial.	Si
R17	Ventana par realizar el análisis estadístico.	Si
R30	Cálculo de estadísticos rápidos.	Si
R31	Generar las gráficas de las curvas de regresión, al momento que se obtienen sus parámetros.	Si

### *Control del programa*

De acuerdo a los resultados obtenidos en el tema 4.6 del capítulo anterior, el programa procesa adecuadamente las fallas que se pudiesen suscitar durante la ejecución, mostrando un mensaje con el error ocurrido y la causa, y actualiza las opciones del programa de acuerdo al estado del programa.

La siguiente tabla muestra la valoración de los requisitos complementarios:

Clave	Descripción	Evaluación
R25	Sistema operativo Windows XP.	Si
R26	Implementación en VisualStudio.NET 2003.	Si
R27	PC con procesador de 1 GHz, 256 MB RAM, o superior.	Si, se requiere de un puerto USB.

## Conclusiones

Por lo anterior, concluimos que el objetivo de esta tesis se alcanzó satisfactoriamente. En términos generales el programa SAGADE controla adecuadamente el hardware de adquisición, garantizando la correcta recepción y procesamiento de la información, dando como resultado la tabulación, graficación y el cálculo de estadísticos de los datos obtenidos.

Por lo tanto, el programa puede ser anexado al sistema denominado “Sistema de adquisición de datos de bajo costo” desarrollado en el Laboratorio de Electrónica del Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico (CCADET) de la UNAM.

## Recomendaciones

El sistema en general tiene varios puntos que pueden ser mejorados para lograr una mayor aceptación.

Las siguientes sugerencias están relacionadas con las características que pueden perfeccionarse:

*Velocidad de transferencia baja.*

Para realizar la comunicación entre la PC y el Hardware, se utiliza un puerto virtual COM (RS232) utilizando una velocidad de transferencia de 115200 bps. Ahora bien, teniendo en cuenta que la conexión física es por medio de un cable USB y que el hardware utiliza un módulo USB para la transferencia de información, entonces se puede aumentar la velocidad de transferencia, si en lugar de generar un controlador para un puerto COM, se crea un controlador para un puerto USB. De esta forma, se pueden tener una velocidad de transferencia del orden de 12 Mbps (1.5MB/s).

Solución: Por medio de la programación de API's, se puede generar el controlador del dispositivo USB. El fabricante del módulo USB (FTDI Chip, Future Technology Devices Internacional) tiene disponible un conjunto de archivos “.DLL” que contiene las funciones necesarias para generar el controlador del dispositivo USB.

Al generar el controlador de este dispositivo, se puede tener otra ventaja que es el reconocimiento automático del hardware. Otra ventaja es el hecho de que el controlador se puede utilizar en otras aplicaciones para generar sistemas de adquisición de datos.

*Cálculo de parámetros estadísticos limitado*

Los parámetros estadísticos obtenidos por el programa se pueden considerar como básico. Es conveniente proporcionar otras herramientas estadísticas que permitan tener una mayor cantidad de estos parámetros para un mejor análisis (matemática) de las series de datos obtenidas.

Solución: introducir las opciones para obtener gráficos de barras, histogramas y ojivas. También, generar curvas regresión lineal múltiple y polinomial de orden ‘n’. Para el cálculo

de los parámetros de estas curvas, se puede utilizar métodos numéricos para generar el algoritmo para realizar las operaciones matriciales.

#### *Reconocimiento de instrumentos*

De acuerdo al requisito *R05* el sistema no puede determinar que instrumentos han sido elegidos, en que canal fueron conectados y si esta encendido. Lo cual puede causar confusión, al momento de configurar el sistema, ya que el usuario podría asignar un instrumento a un canal diferente con respecto a la conexión física realizada.

Solución: cambiar la actividad de *Elegir instrumento y asignación de canal* por una actividad para *Detectar instrumentos* en la cual se le indique al módulo que realice un escaneo de los canales para determinar el instrumento asignado a éste. Para esto, es necesario modificar la arquitectura del módulo y de los instrumentos.

Para identificar un instrumento y su escala, se puede utilizar un código binario. De esta forma se obtiene el nombre del instrumento, su escala y el canal asignado. Esta información es recibida por el módulo y enviada a la PC para crear los instrumentos virtuales ya listos para recibir los datos.

#### *Graficación múltiple*

Al momento de obtener los datos se genera la gráfica para cada instrumento presente.

Solución: agregar una opción en la cual se permita elegir si las gráficas de los datos se presentan en una sola pantalla o por instrumento. Esto con la finalidad de tener una mejor visión entre la posible relación de las variables que representan los datos obtenidos.

## Apéndices

### Apéndice A: Tablas de requisitos

<b>Proyecto:</b> Software de Adquisición, Graficación y Análisis de Datos Experimentales SAGADE
<b>Descripción:</b> Herramienta computacional que permite controlar la adquisición de una serie de datos provenientes de un Módulo de Adquisición (Hardware), de un Archivo y del Teclado. El sistema permite obtener una serie de datos para posteriormente realizar, con ellos, gráficas y análisis estadísticos. También se podrán realizar las tareas de guardar, abrir e imprimir la serie de datos.

#### Requisitos funcionales

Clave de requerimiento	Descripción
R00	Al iniciar, se deberá mostrar una pantalla de presentación y dejar el programa listo para iniciar una actividad
R01	Adquirir datos desde el Módulo de Adquisición: Inicia la adquisición de las series de datos de los Instrumentos elegidos, durante este proceso se generarán sus gráficas.
R02	Obtención de los parámetros de adquisición (Tiempo/muestra, número de muestras y puerto serie).
R03	Establecer comunicación PC-Módulo (Puerto serie virtual).
R04	Lectura de información proveniente del Módulo.
R05	Elección de instrumento y asignación de canal de comunicación.
R06	Detener el proceso de adquisición desde el módulo.
R07	Adquisición desde archivo. Consultar los datos almacenados en un archivo.
R08	Adquisición de datos a través del teclado.
R09	Análisis estadístico. Cálculo de: el mínimo, el máximo, la media, la desviación estándar, la varianza. Los parámetros 'a' y 'b' de las curvas de regresión lineal, exponencial, logarítmica y potencial.
R10	Imprimir. Impresión de la tabla o la gráfica de los datos.
R11	Guardar datos en archivo.

#### Requisitos ergonómicos

Clave de requerimiento	Descripción
R12	Ventana Principal: controla y contiene todas las subventanas que son parte del sistema en un área de trabajo. Al igual que los comandos.
R13	Representación visual de instrumentos, similar a un osciloscopio.
R14	Ventana Parámetros de Adquisición: contenga los campos para que el usuario introduzca el número de datos, tiempo entre datos, puerto serie.
R15	Ventana para elegir instrumento y asignación de canal.

R16	Ventana para elegir el tipo de impresión.
R17	Ventana para realizar el análisis estadístico.

Requisitos de interfaz

Clave de requerimiento	Descripción																																																
R18	<p>Datos de entrada desde el módulo de adquisición. Un dato está compuesto de dos bytes con signo, como se ilustra a continuación.</p> <div style="text-align: center;"> <table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="padding: 2px;">x</td><td style="padding: 2px;">x</td><td style="padding: 2px;">s</td><td style="padding: 2px;">b</td><td style="padding: 2px;">b</td><td style="padding: 2px;">b</td><td style="padding: 2px;">b</td><td style="padding: 2px;">b</td> <td style="padding: 2px;">x</td><td style="padding: 2px;">b</td><td style="padding: 2px;">b</td><td style="padding: 2px;">b</td><td style="padding: 2px;">b</td><td style="padding: 2px;">b</td><td style="padding: 2px;">b</td><td style="padding: 2px;">b</td> </tr> <tr> <td colspan="8" style="text-align: center;">} Parte Alta</td> <td colspan="8" style="text-align: center;">} Parte Baja</td> </tr> </table> </div> <p>Donde:  b: Bit de dato  x: bit de control  s: signo  para obtener el dato real se unen la parte baja, eliminando el bit de control, con los 5 bits menos significativos de la parte alta.  Si s = 0 el valor es positivo; si s = 1 es negativo.</p> <p>Final:</p> <div style="text-align: center;"> <table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px;"></td><td style="width: 20px; height: 20px; text-align: center;">s</td><td style="width: 20px; height: 20px; text-align: center;">b</td><td style="width: 20px; height: 20px; text-align: center;">b</td> </tr> </table> </div>	x	x	s	b	b	b	b	b	x	b	b	b	b	b	b	b	} Parte Alta								} Parte Baja												s	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b
x	x	s	b	b	b	b	b	x	b	b	b	b	b	b	b																																		
} Parte Alta								} Parte Baja																																									
				s	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b	b																																		
R19	Datos de entrada desde archivo. Contiene la información de la fuente y la serie de datos (x, y), como cadena de caracteres.																																																
R20	Datos de entrada desde el teclado. Números decimales introducidos por el usuario.																																																
R21	<p>Protocolo de comunicación.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="padding: 5px;">SAGADE</td> <td style="padding: 5px;">Módulo de Adquisición</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Saludo: "H"</td> <td style="padding: 5px;">Espera. . .</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Espera. . .</td> <td style="padding: 5px;">Recibe: "H"</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Espera. . .</td> <td style="padding: 5px;">Envía: "h"</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;">Recibe: "h"</td> <td style="padding: 5px;">Espera. . .</td> </tr> <tr> <td style="padding: 5px;"> Envía: <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ # de c/u de canales ocupados.</li> <li>➤ # de muestras que se van a obtener con un formato de 4 números hexadecimales 0XFFFF.</li> <li>➤ Tiempo en [ms] entre muestras con formato de 4 números</li> </ul> </td> <td style="padding: 5px; vertical-align: middle;">Espera. . .</td> </tr> </table>	SAGADE	Módulo de Adquisición	Saludo: "H"	Espera. . .	Espera. . .	Recibe: "H"	Espera. . .	Envía: "h"	Recibe: "h"	Espera. . .	Envía: <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ # de c/u de canales ocupados.</li> <li>➤ # de muestras que se van a obtener con un formato de 4 números hexadecimales 0XFFFF.</li> <li>➤ Tiempo en [ms] entre muestras con formato de 4 números</li> </ul>	Espera. . .																																				
SAGADE	Módulo de Adquisición																																																
Saludo: "H"	Espera. . .																																																
Espera. . .	Recibe: "H"																																																
Espera. . .	Envía: "h"																																																
Recibe: "h"	Espera. . .																																																
Envía: <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ # de c/u de canales ocupados.</li> <li>➤ # de muestras que se van a obtener con un formato de 4 números hexadecimales 0XFFFF.</li> <li>➤ Tiempo en [ms] entre muestras con formato de 4 números</li> </ul>	Espera. . .																																																

	hexadecimales.	
	Espera. . .	Procesa los datos de los canales elegidos y envía los bytes a la PC.
R22	Archivo de texto plano con la información de la fuente y los valores de una serie de datos.	
R23	Impresión de la tabla o la gráfica de una serie de datos.	
R24	Gráficas y tabulación de los datos obtenidos.	

#### Requisitos de entorno

Clave de requerimiento	Descripción
R25	Sistema operativo Windows XP.
R26	Implementación en VisualStudio.NET 2003
R27	PC con procesador de 1 GHz, 256 MB RAM, o superior.

#### Requisitos de desempeño

Clave de requerimiento	Descripción
R28	Adquisición de datos desde el módulo en tiempo real.
R29	Generar gráficas de datos, al momento de que son recibidos.
R30	Cálculo de estadísticos rápidos.
R31	Generar las gráficas de las curvas de regresión, al momento que se obtienen sus parámetros.

**Apéndice B: Diagramas de secuencia (diseño del sistema)**

*Figura B.1: Diagrama de secuencia para el inicio del programa.*

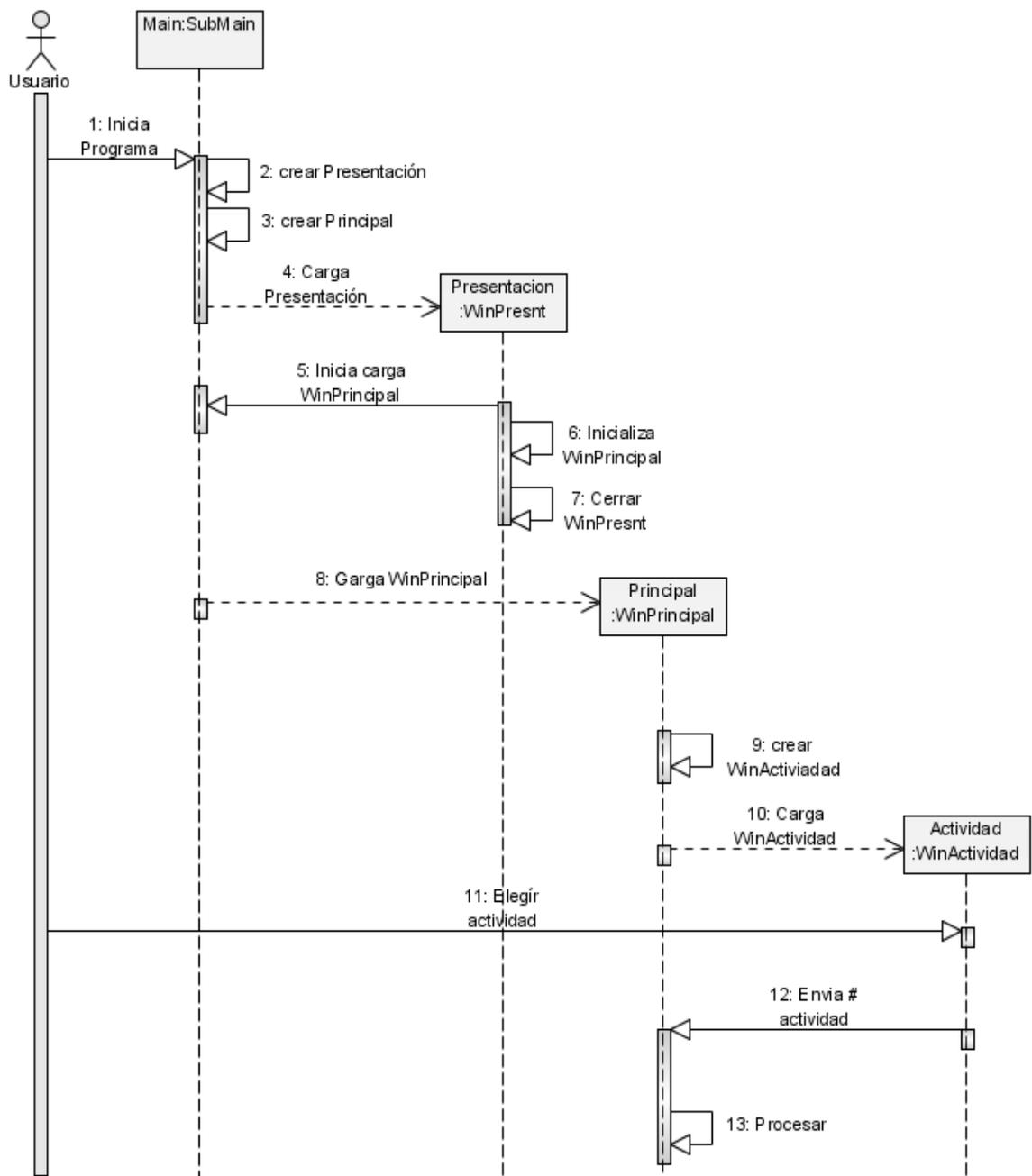


Figura B.2: Diagrama de secuencia para elegir instrumento y asignarle un canal.

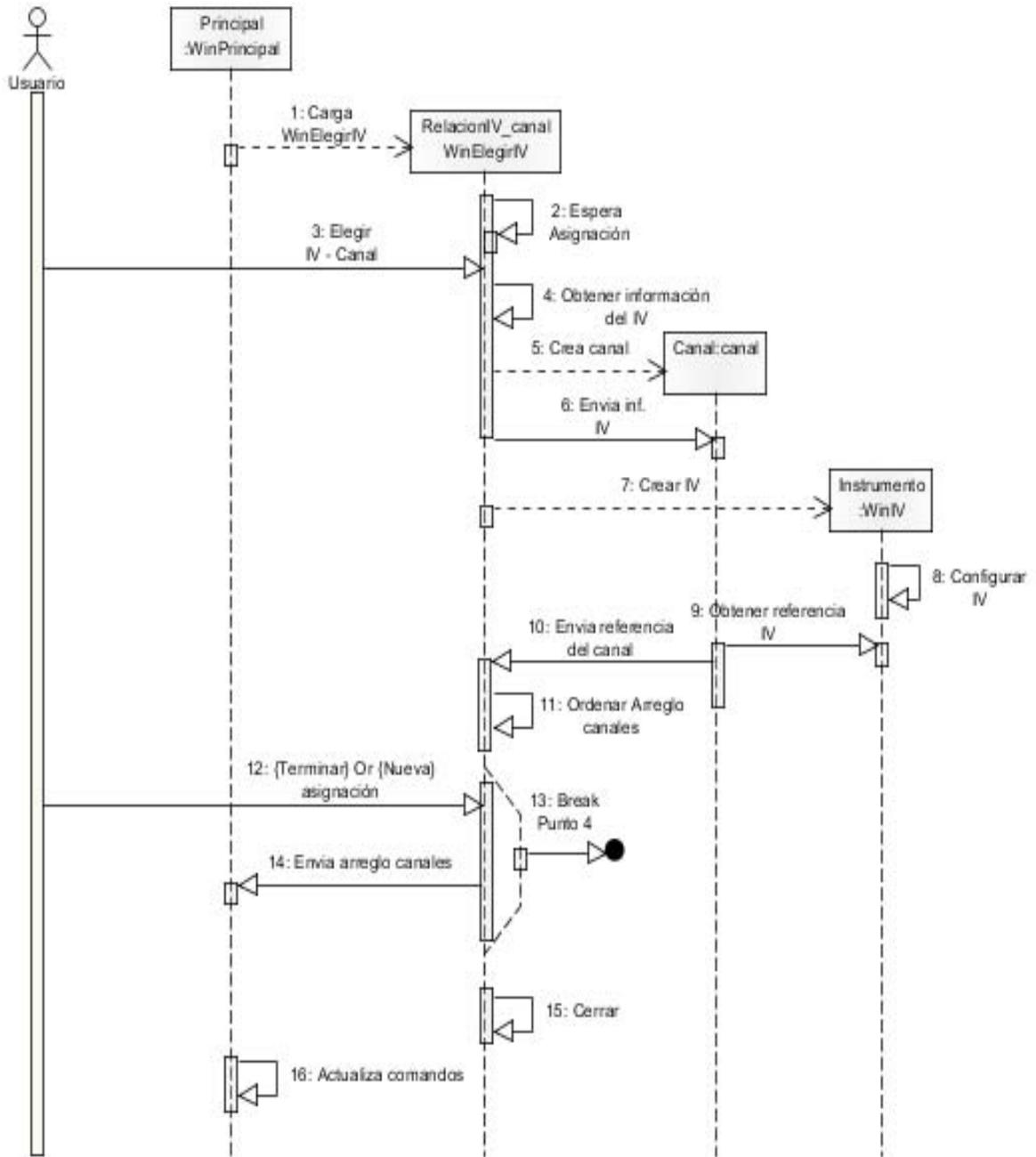


Figura B.3: Diagrama de secuencia para la modificación y asignaciones, en el proceso de elección de instrumento y asignación de canal

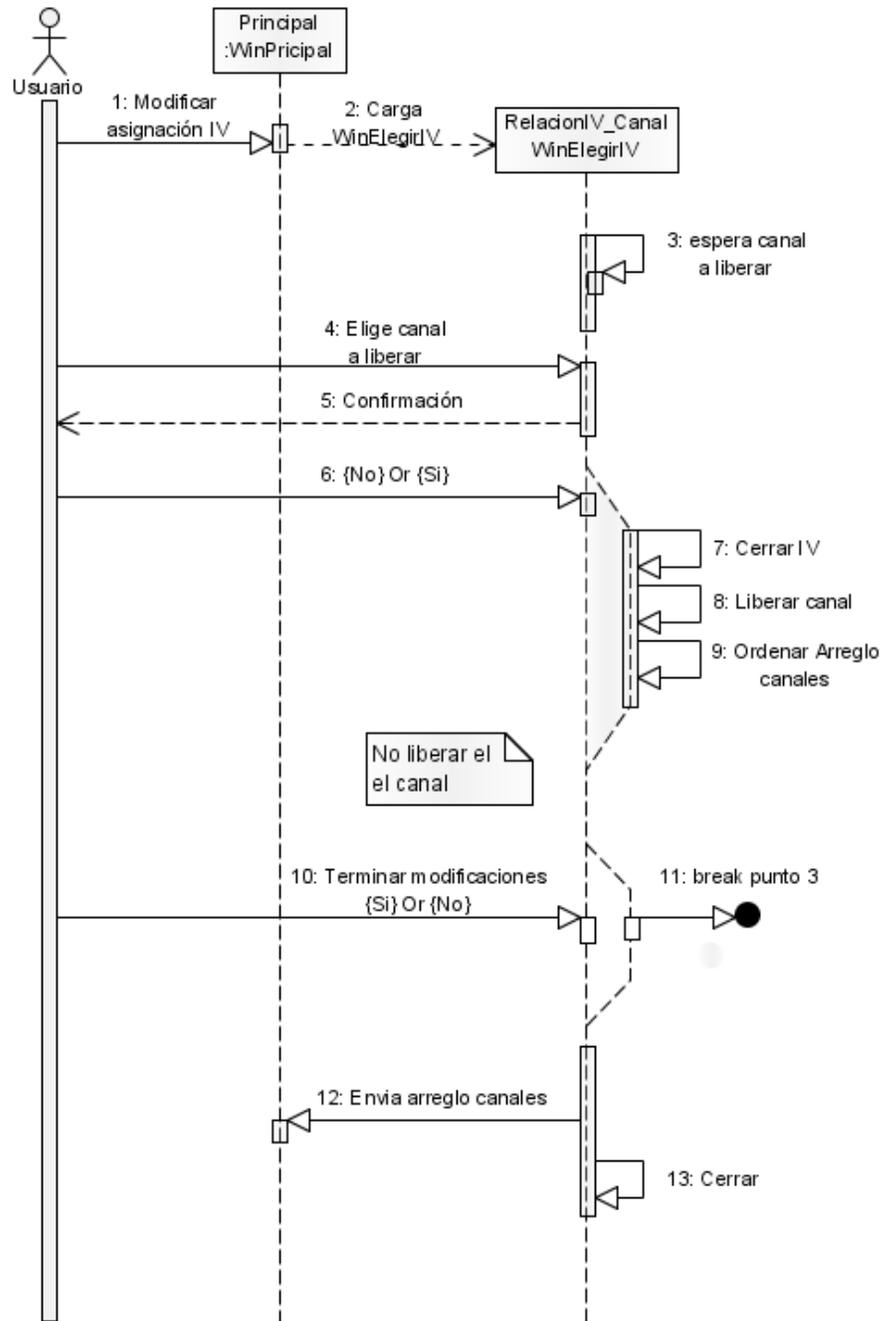


Figura B.4: Diagrama de secuencia para obtener los parámetros de adquisición.

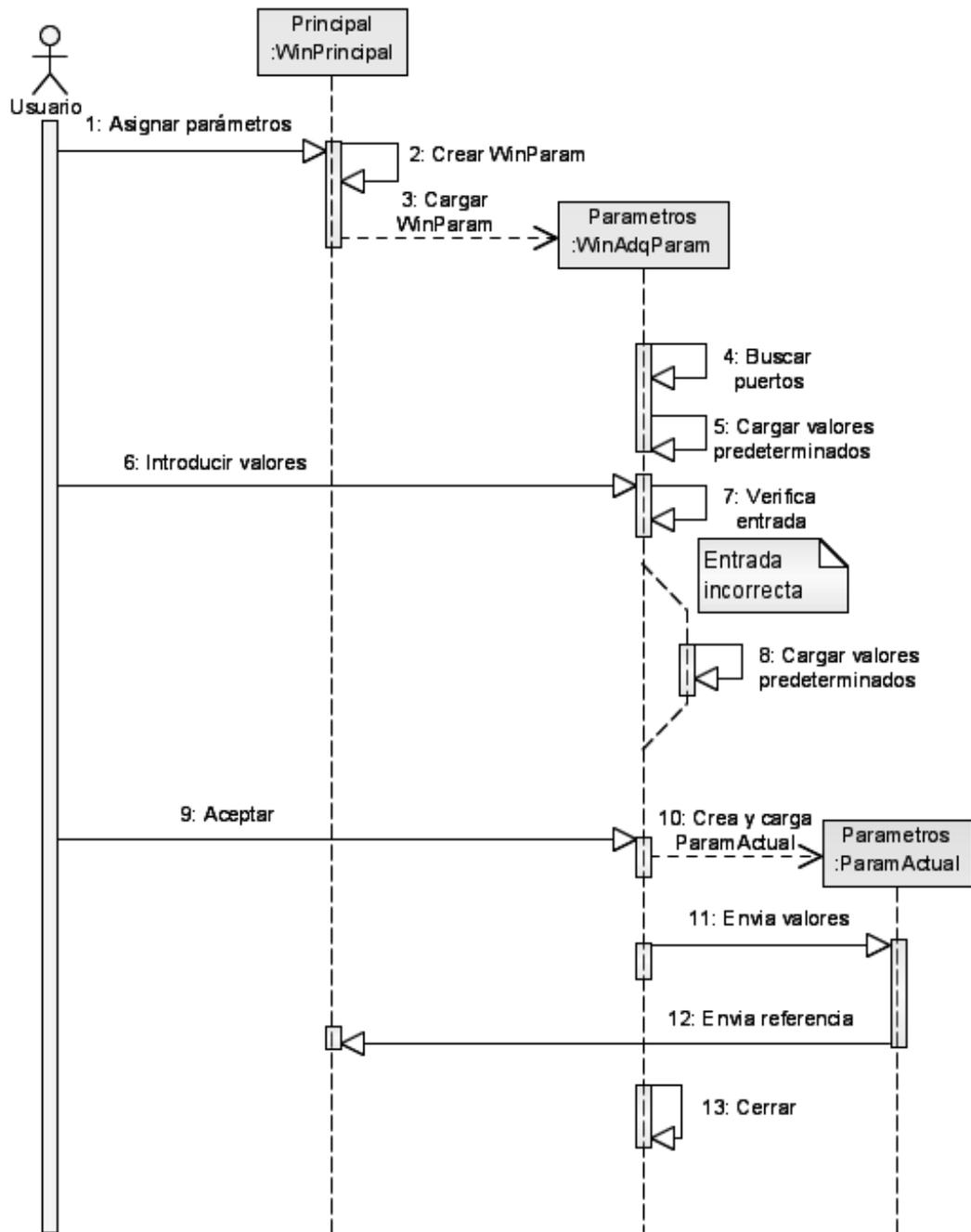


Figura B.5: Diagrama de secuencia para la configuración de instrumento y creación de la cadena de configuración.

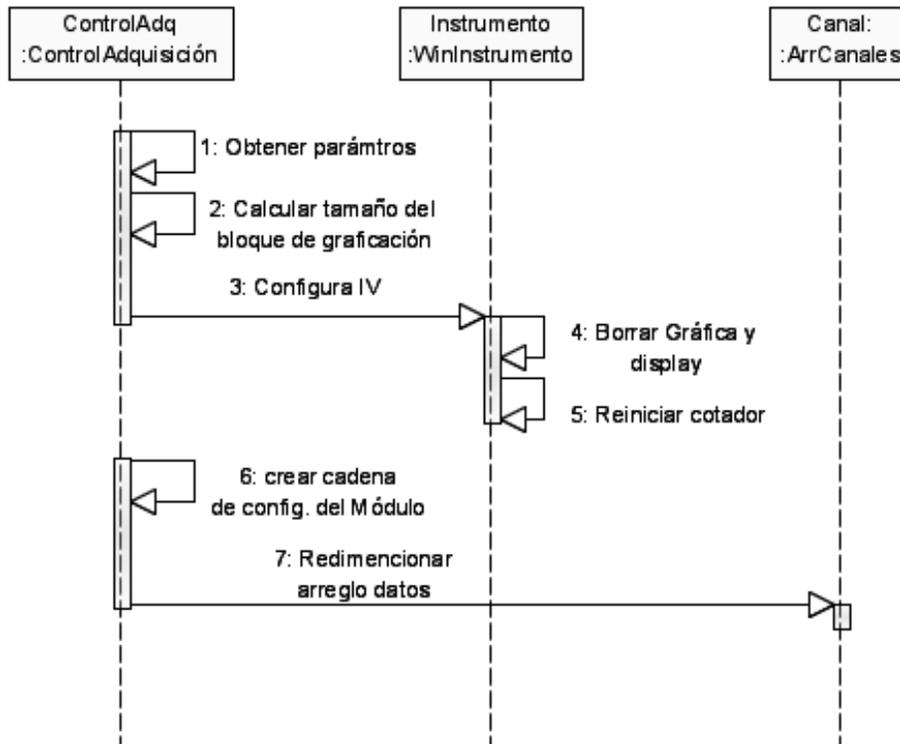


Figura B.6: Diagrama de secuencia para la activación del puerto serie.

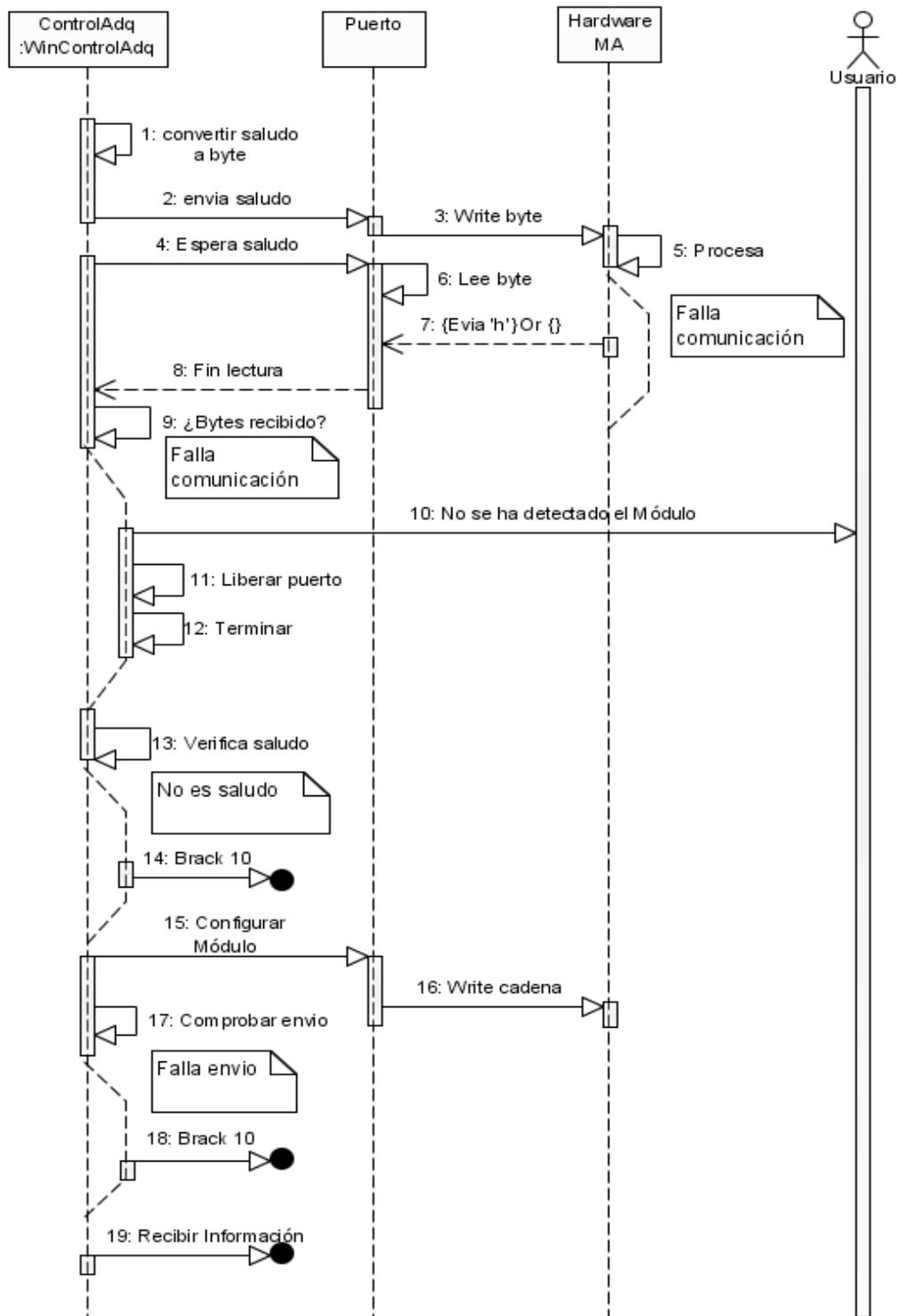


Figura B.7: Diagrama de secuencia para el proceso de lectura de la información proveniente del Módulo de adquisición.

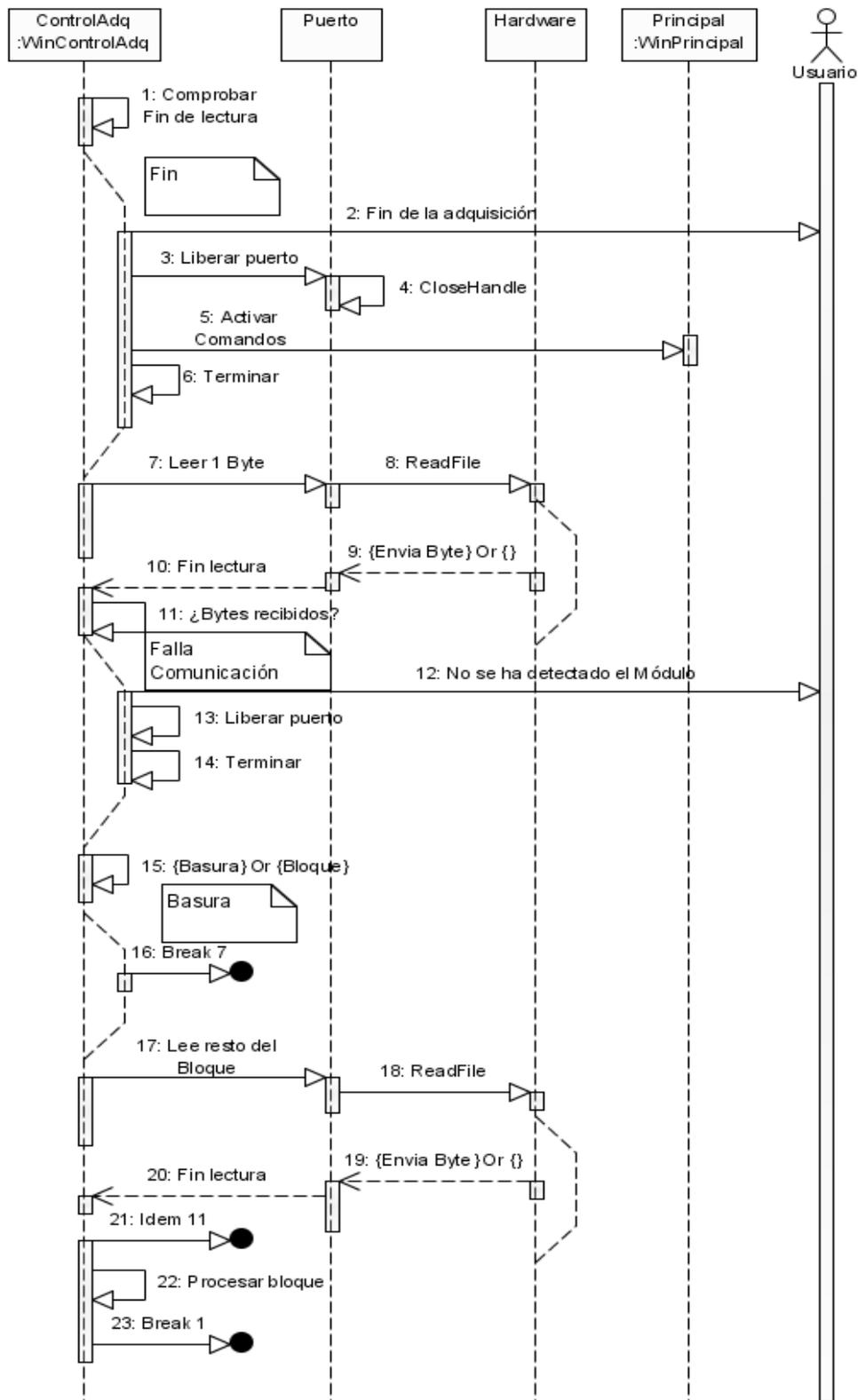


Figura B.8: Diagrama de secuencia para la graficación de los datos obtenidos desde el Módulo de adquisición.

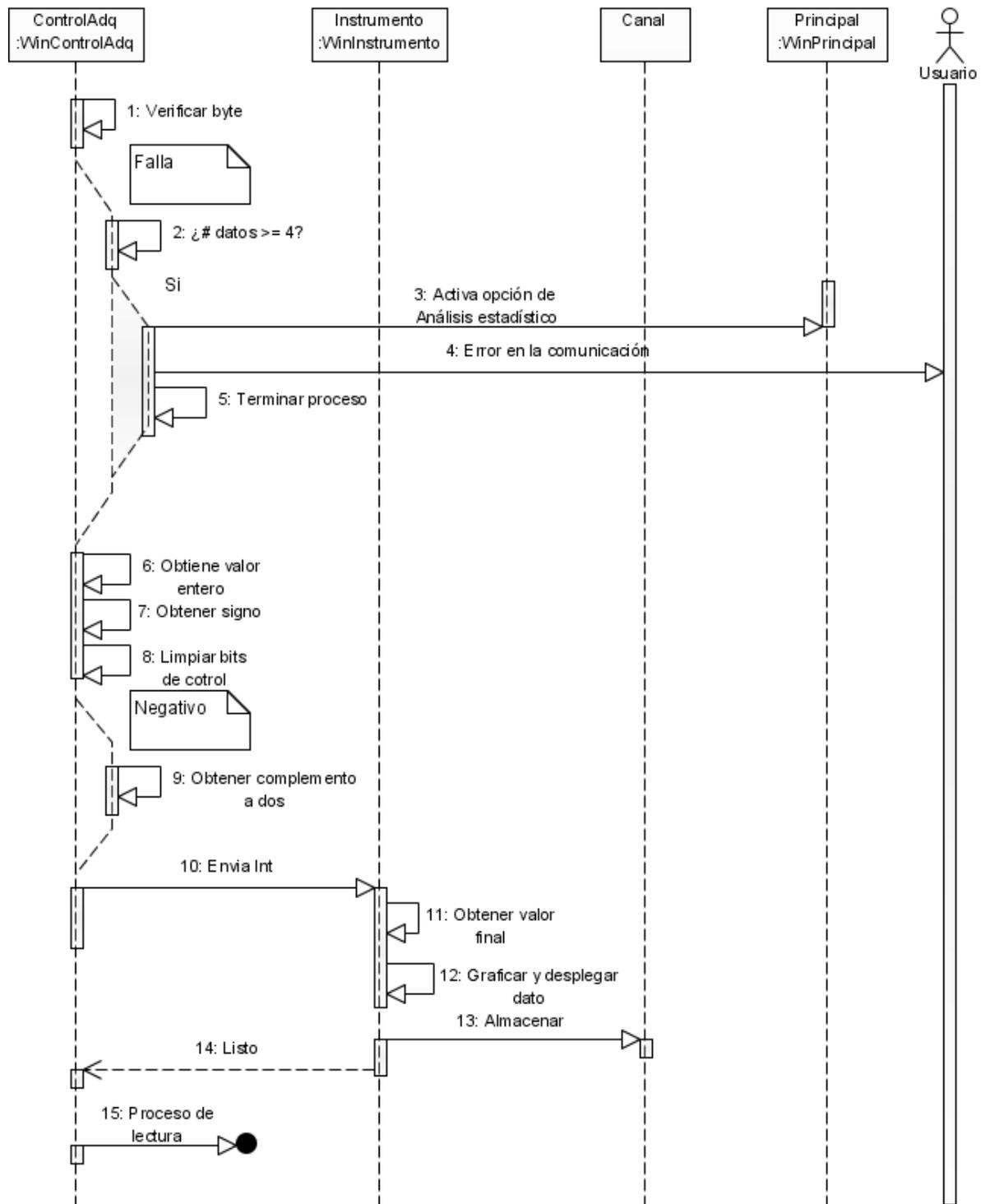


Figura B.9: Diagrama de secuencia para la obtención de datos desde archivo.

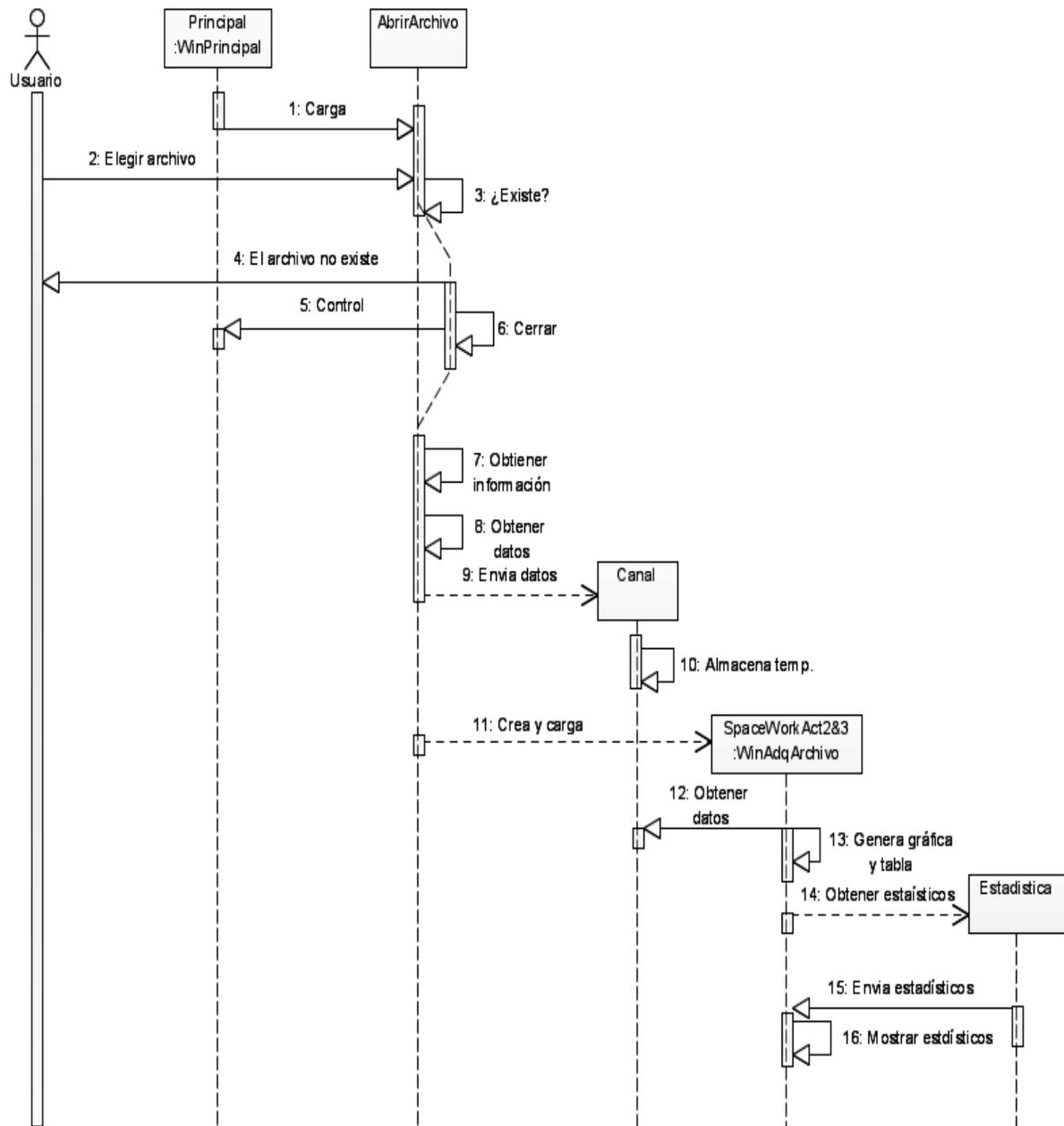


Figura B.10: Diagrama de secuencia para la obtención de datos desde el teclado.

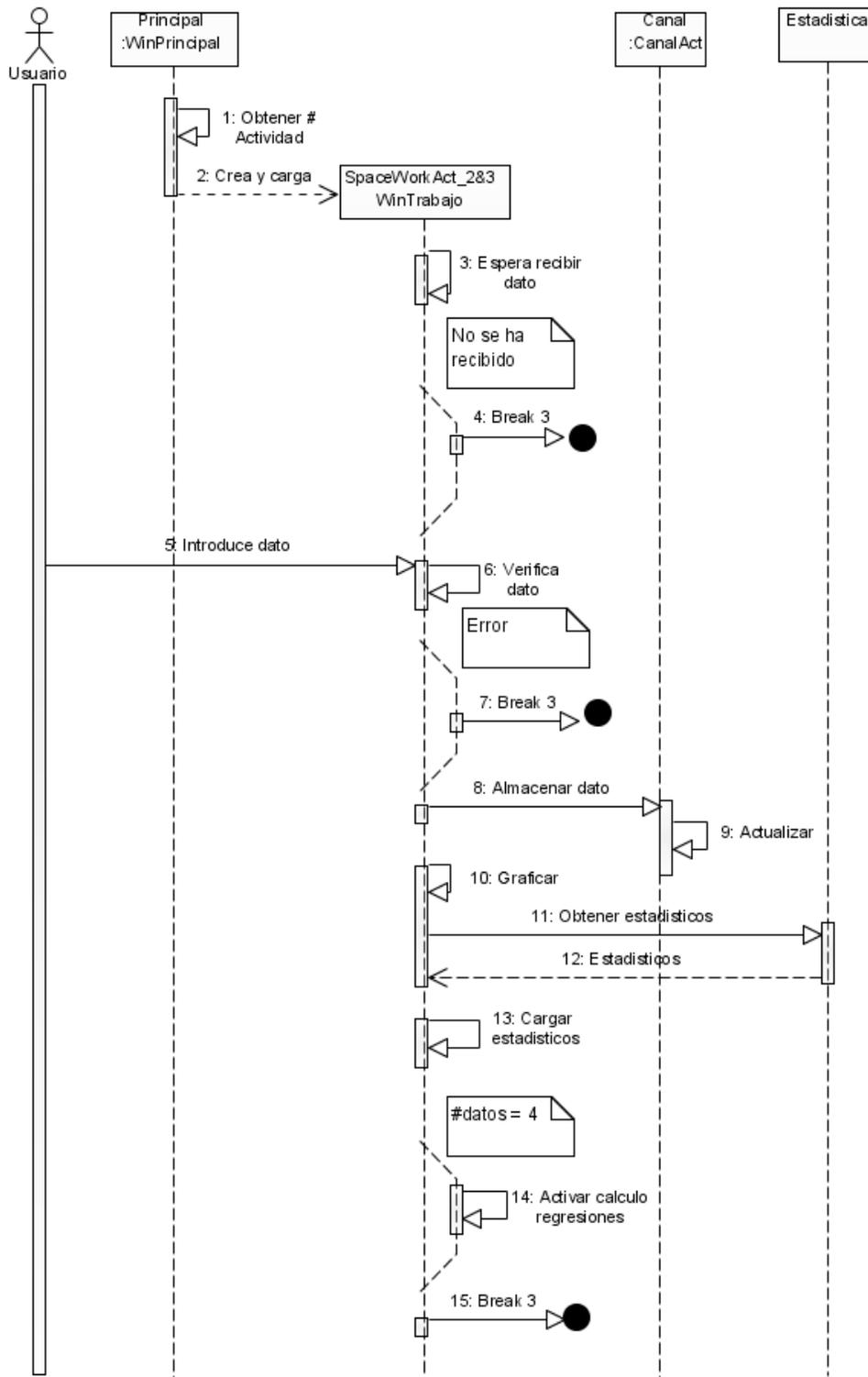


Figura B.11: Diagrama de secuencia para guardar una serie de datos.

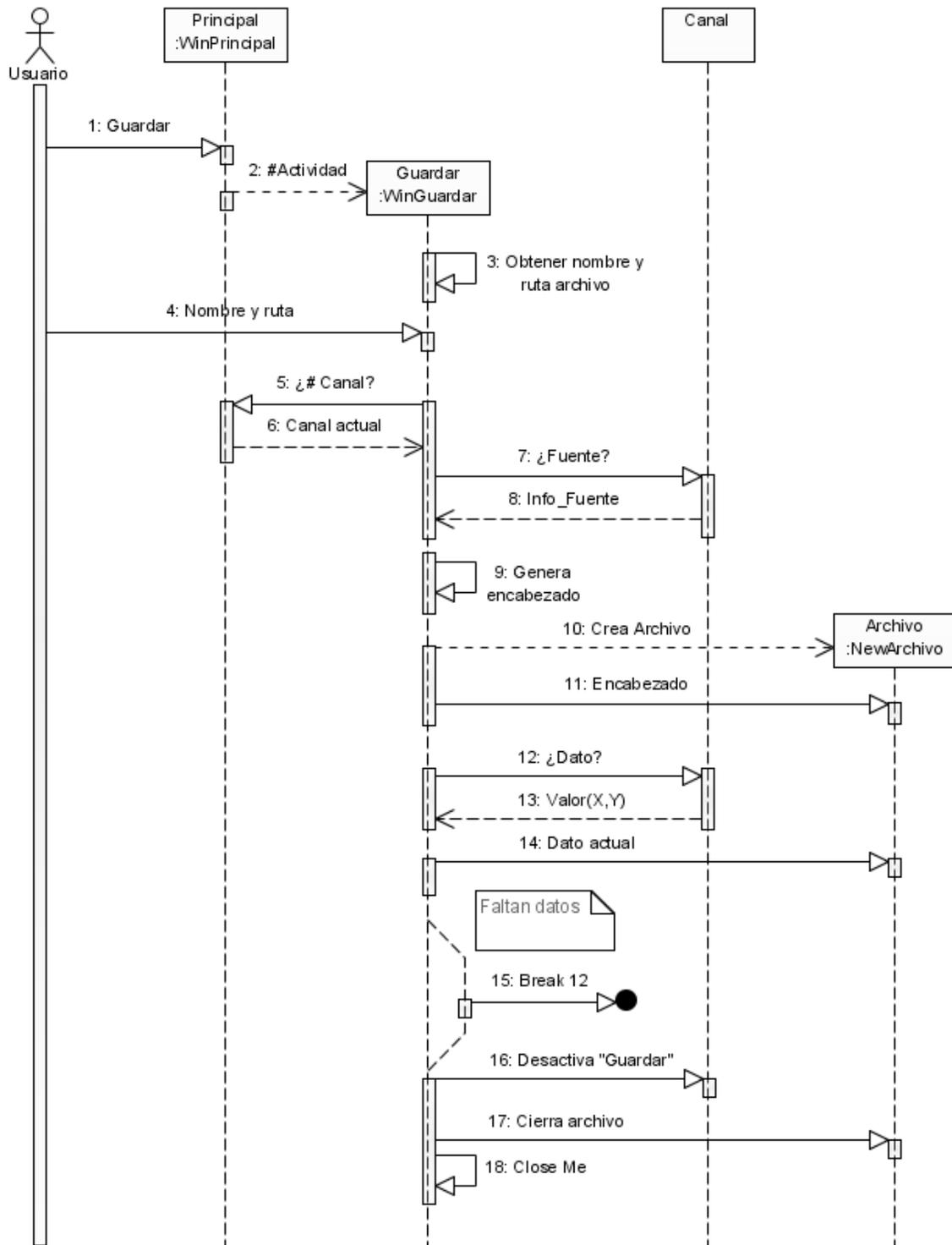
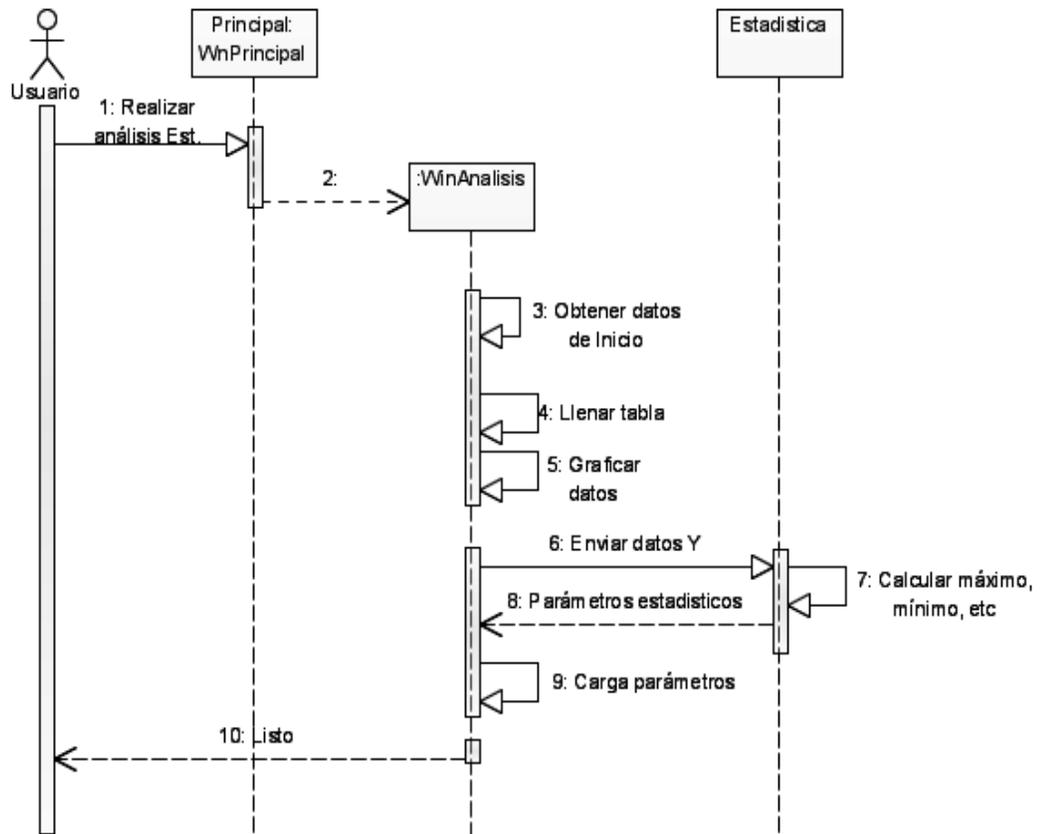


Figura B.12: Diagrama de secuencia para el análisis estadístico (Parte 1)



En la adquisición de datos desde el teclado y archivo (una vez que se han cargado los datos) se realizan los pasos del 3 al 9 cada que el usuario introduce un nuevo renglón a la tabla o modifica un valor de ésta. En este caso, también se actualizan las propiedades *DatosX()* y *DatosY()* del objeto canal actual.

Figura B.13: Diagrama de secuencia para calcular los parámetros de las curvas de regresión y el coeficiente de determinación cuadrado.

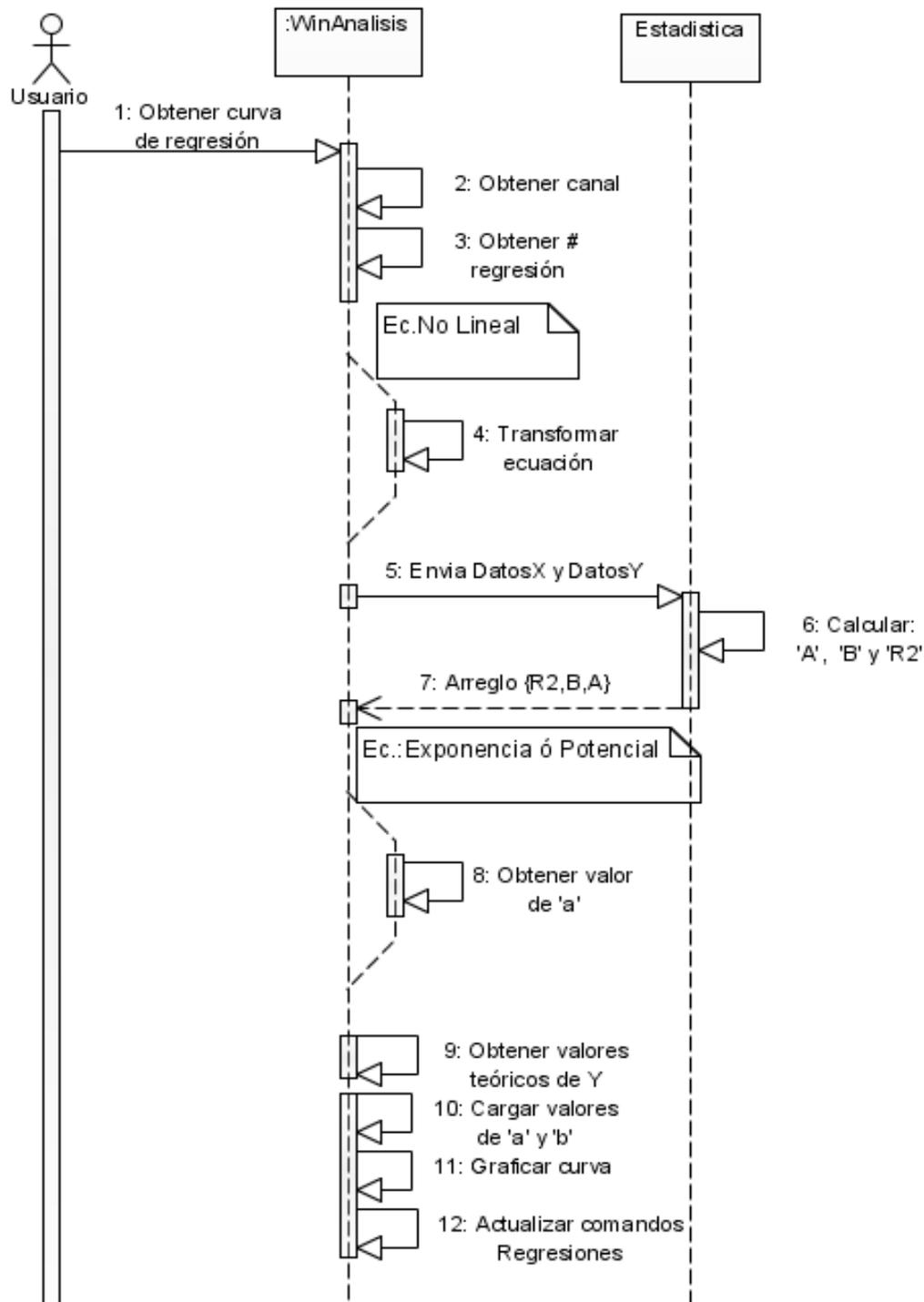


Figura B.14: Diagrama de secuencia para la impresión de la gráfica o tabla de una serie de datos.

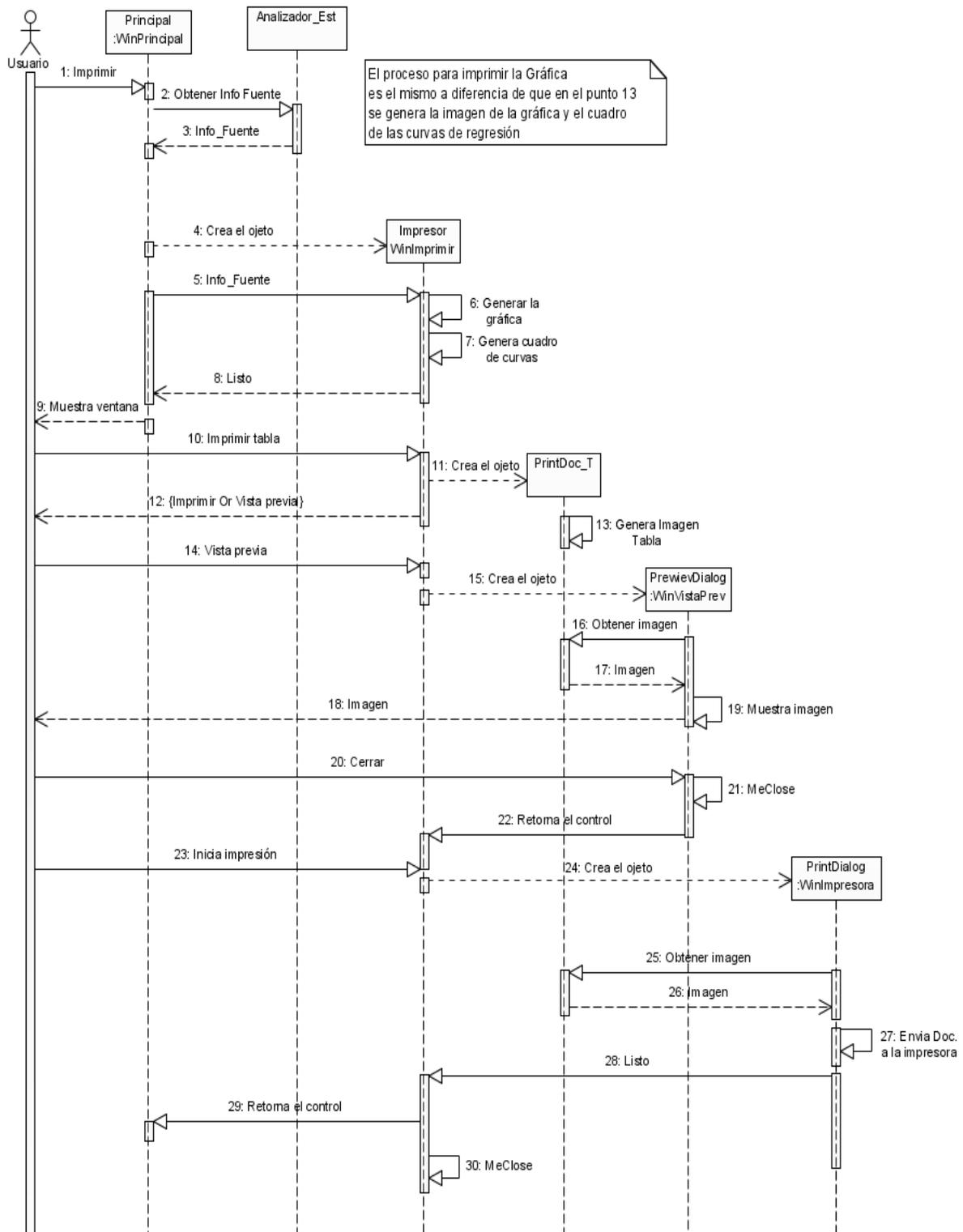
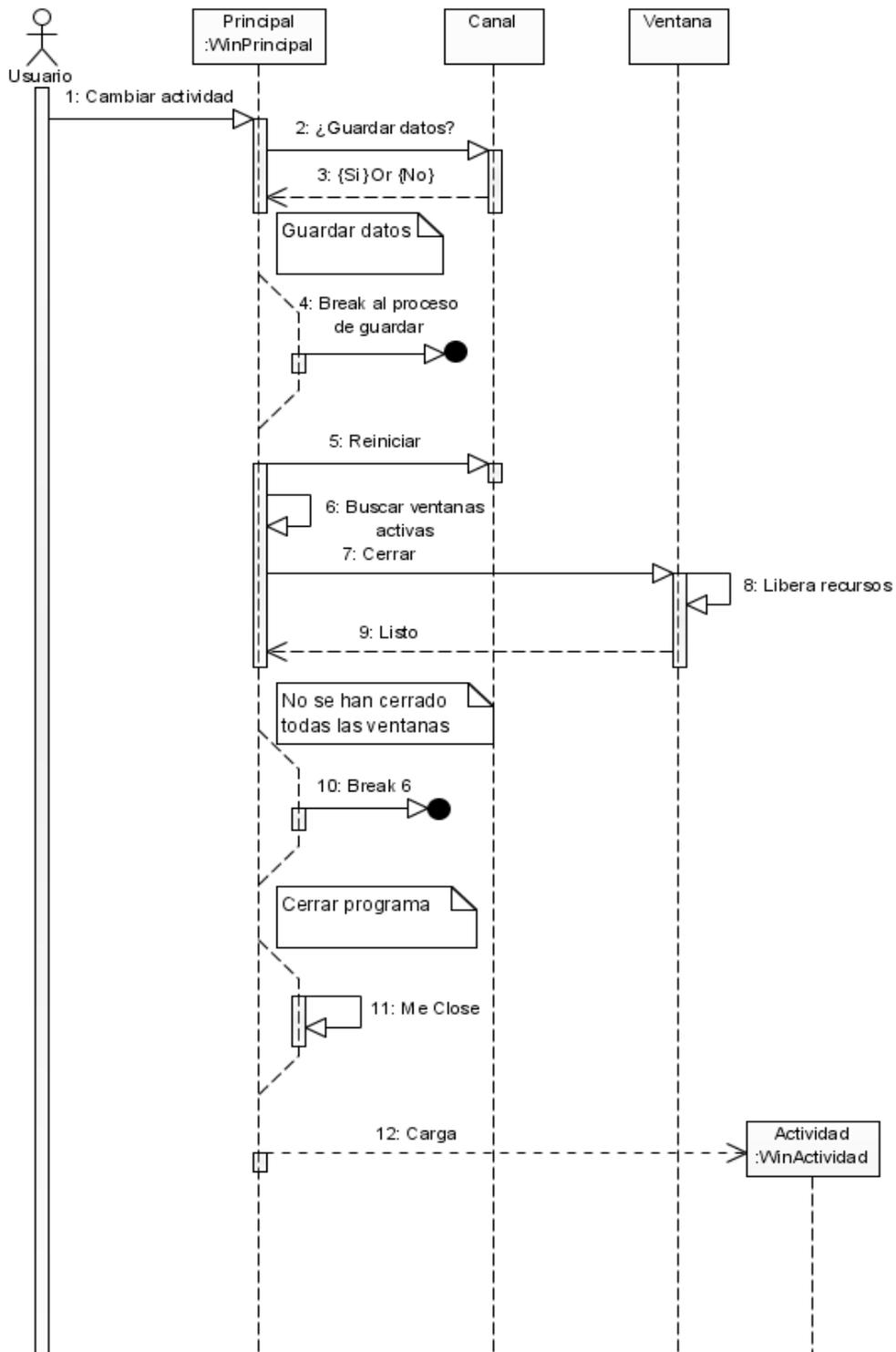


Figura B.15: Diagrama de secuencia para los procesos de cambiar de actividad y cerrar el programa.



**Apéndice C: Imágenes de los resultados obtenidos**

*Figura C.1: Imagen de la presentación del programa.*



*Figura .C2: Imagen de la ventana principal al inicio del programa o al cambiar de actividad.*

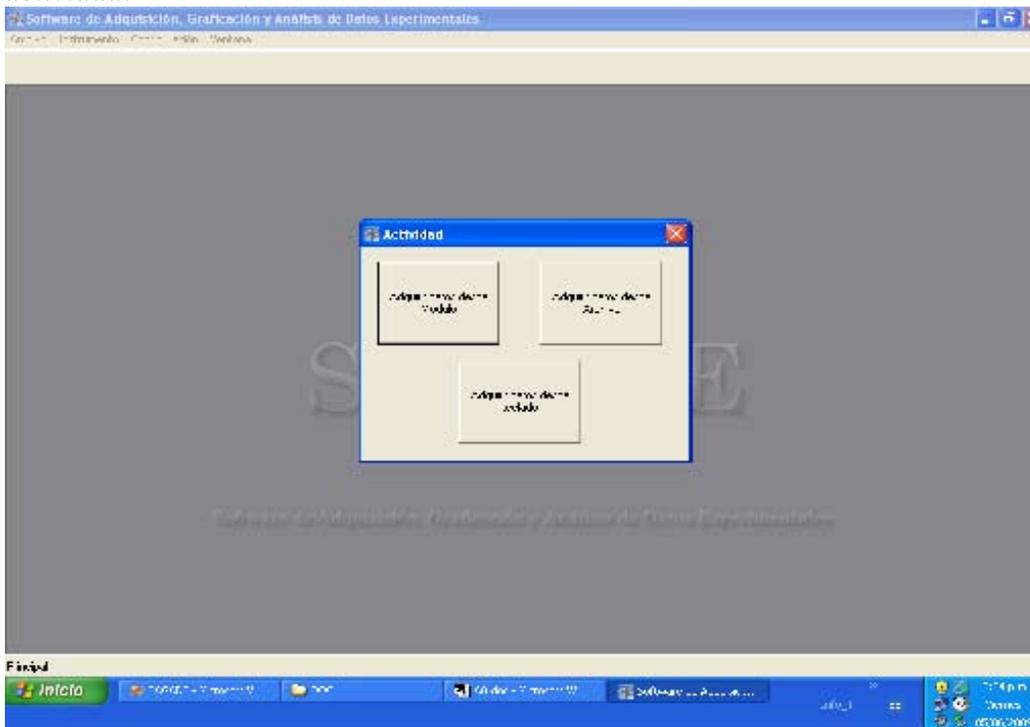


Figura C.3: Proceso de adquisición desde el Módulo.

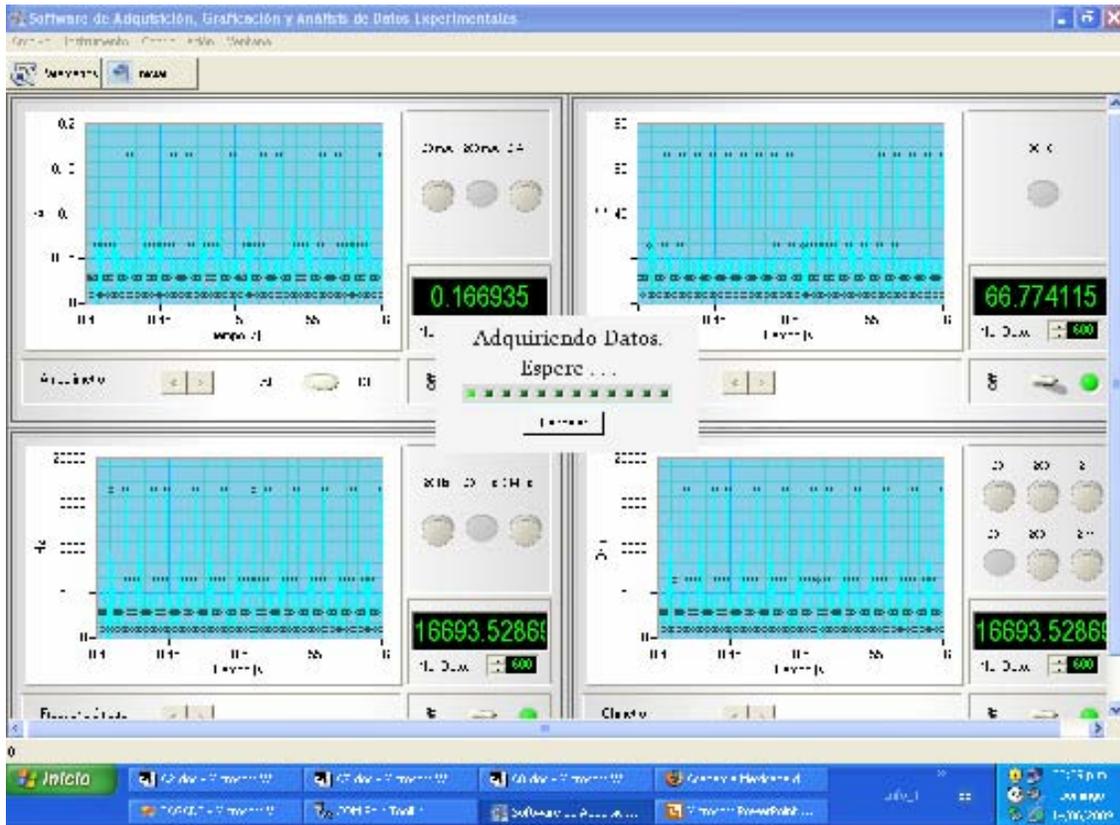


Figura C.4: Mensaje mostrado por una falla en la generación del controlador del puerto serie.

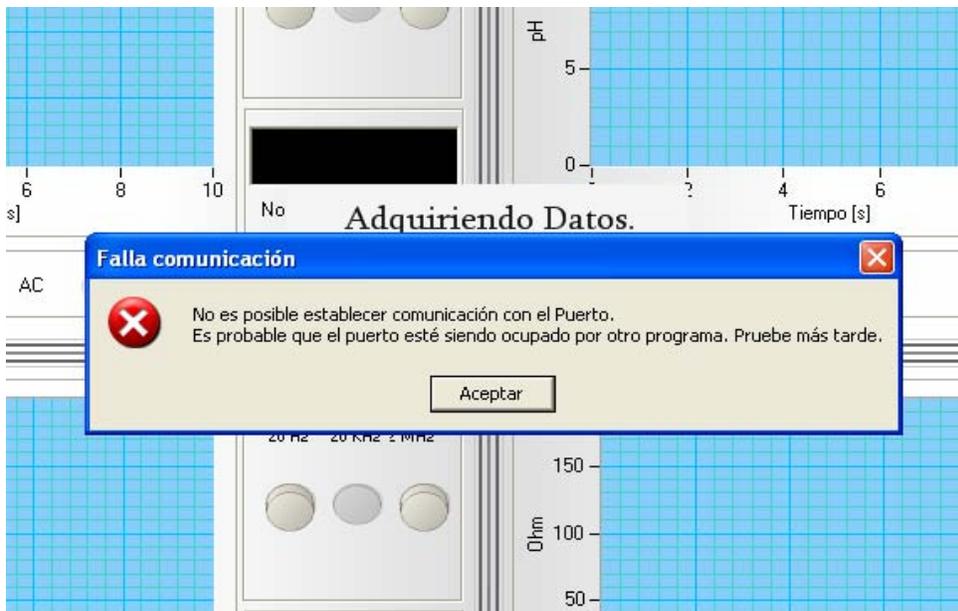


Figura C.5: Mensaje mostrado por una falla al momento de configurar el puerto serie.

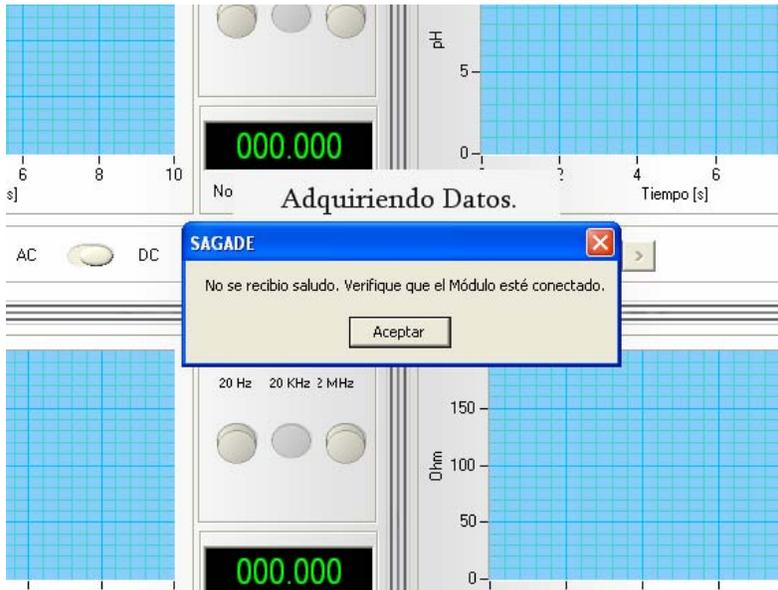


Figura C.6: Mensaje mostrado por una falla en la comunicación PC-Módulo durante el proceso de adquisición.

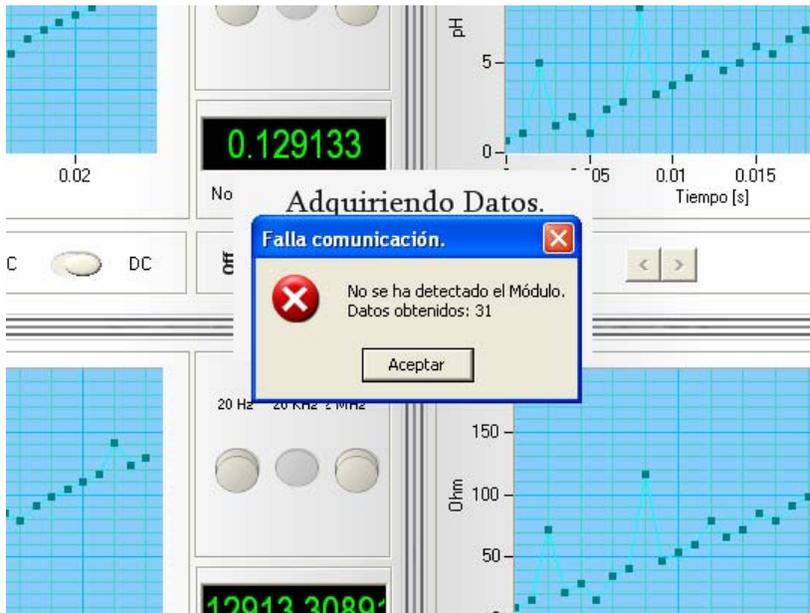




Figura C.9: Documento de prueba para los cálculos estadísticos realizados en Excel.

Datos de prueba:		Linealización de (X, Y) para las curvas no lineales				
X	Lineal	X_Pot	Y_Pot	Y_Exp	X_Log	
0.001	0.009426	-3	-2.025673	-4.664283	-6.907755	
0.002	0.015726	-2.69897	-1.803382	-4.15244	-6.214608	
0.003	0.07243	-2.522879	-1.140082	-2.625135	-5.809143	
0.004	0.022027	-2.39794	-1.657045	-3.815486	-5.521461	
0.005	0.028327	-2.30103	-1.547799	-3.56394	-5.298317	
0.006	0.015726	-2.221849	-1.803382	-4.15244	-5.115996	
0.007	0.034628	-2.154902	-1.460573	-3.363093	-4.961845	
0.008	0.040928	-2.09691	-1.387979	-3.195941	-4.828314	
0.009	0.116532	-2.045757	-0.933555	-2.149589	-4.710531	
0.01	0.047228	-2	-1.3258	-3.052768	-4.60517	
0.011	0.053529	-1.958607	-1.271411	-2.927532	-4.50986	
0.012	0.059829	-1.920819	-1.223088	-2.816265	-4.422849	
0.013	0.07873	-1.886057	-1.10386	-2.541731	-4.342806	
0.014	0.066129	-1.853872	-1.179608	-2.716148	-4.268698	
0.015	0.07243	-1.823909	-1.140082	-2.625135	-4.199705	
0.016	0.085031	-1.79588	-1.070423	-2.464739	-4.135167	
0.017	0.07873	-1.769551	-1.10386	-2.541731	-4.074542	
0.018	0.091331	-1.744727	-1.039382	-2.393265	-4.017384	
0.019	0.097631	-1.721246	-1.010412	-2.32656	-3.963316	
0.02	0.103932	-1.69897	-0.983251	-2.264018	-3.912023	
0.021	0.110232	-1.677781	-0.957692	-2.205168	-3.863233	
0.022	0.116532	-1.657577	-0.933555	-2.149589	-3.816713	
0.023	0.141734	-1.638272	-0.848526	-1.953803	-3.772261	
0.024	0.122833	-1.619789	-0.910685	-2.09693	-3.729701	
0.025	0.129133	-1.60206	-0.888963	-2.046912	-3.688879	
0.026	0.135433	-1.585027	-0.868276	-1.999278	-3.649659	
0.027	0.141734	-1.568636	-0.848526	-1.953803	-3.611918	
0.028	0.148034	-1.552842	-0.829639	-1.910313	-3.575551	
0.029	0.154335	-1.537602	-0.811536	-1.86863	-3.540459	
0.03	0.160635	-1.522879	-0.79416	-1.828621	-3.506558	
0.031	0.166935	-1.508638	-0.777453	-1.790151	-3.473768	
0.496	2.71785	-59.084978	-35.679658	-82.155437	-136.04819	Sumatoria

Sumatorias del Producto XY:

Li_XY	Exp_XY	Lo_XY	Pot_XY
0.055567	-1.132281	-10.903729	71.337593

Sumatorias de las X<sup>2</sup> y Y<sup>2</sup>:

X2_Lin	Y2_Lin	X2_Exp	Y2_Exp
0.010416	0.305583	0.010416	235.281077

X2_Log	Y2_Log	X2_Pot	Y2_Pot
618.906978	0.305583	116.733095	44.376774

*Continuación de los resultados obtenidos con Excel*

Resultados obtenidos para los parámetros 'a' y 'b':

Regresión	a	b	R2
Lineal	0.009728	4.871532	0.874489
Exponencial	0.021803	73.470158	0.762568
Logarítmica	0.293443	0.046887	0.713366
Potencial	2.462848	0.809245	0.814698

Resultados obtenidos para los estadísticos:

Estadístico	Valor
N0. datos	31
Máximo	0.166935
Mínimo	0.009426
Media	0.08767258
Varianza	0.002243
Desviación	0.047365

Figura C.10: Ventana “Guardar datos ...”.

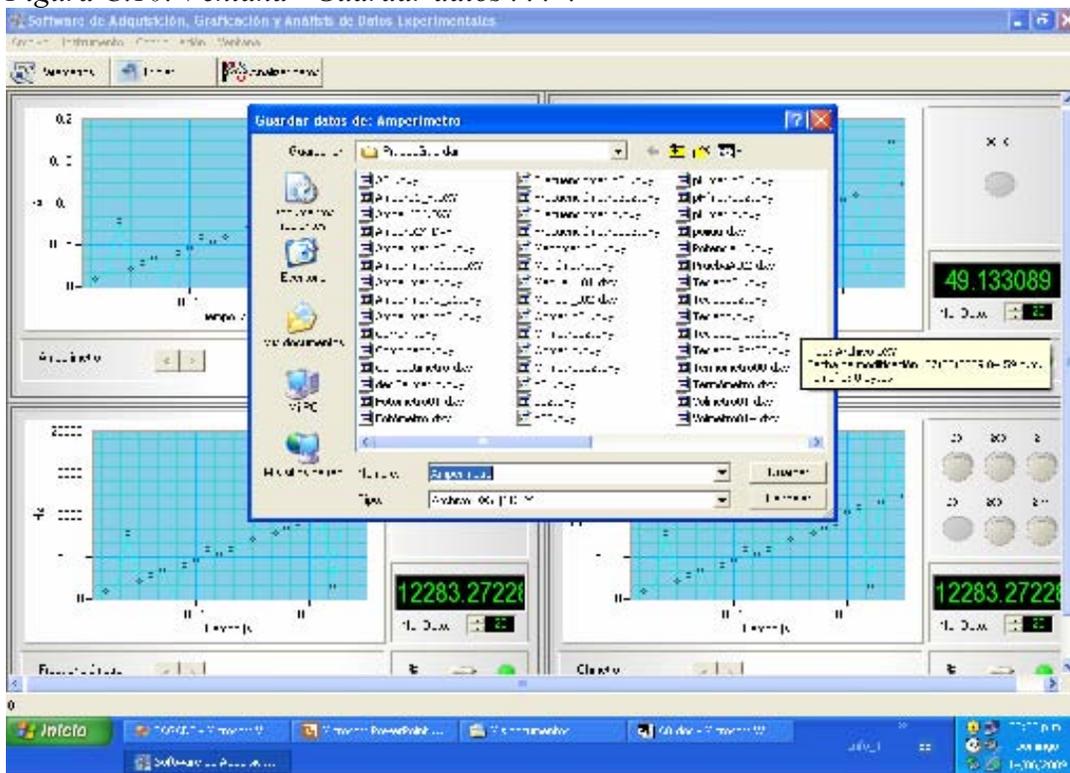
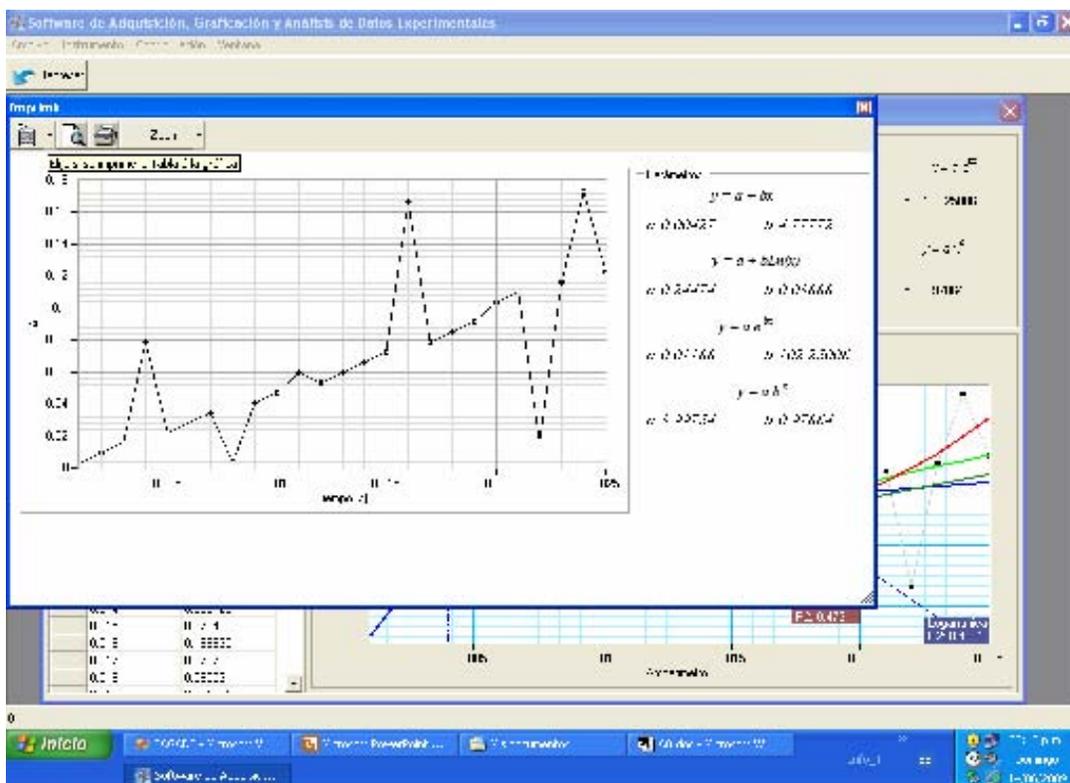


Figura C.11: Ventana Imprimir, cuando se ha seleccionado imprimir la gráfica.





*Sección C.14: Ejemplo de una impresión de la tabla y gráfica de una serie de datos.*

# SAGADE

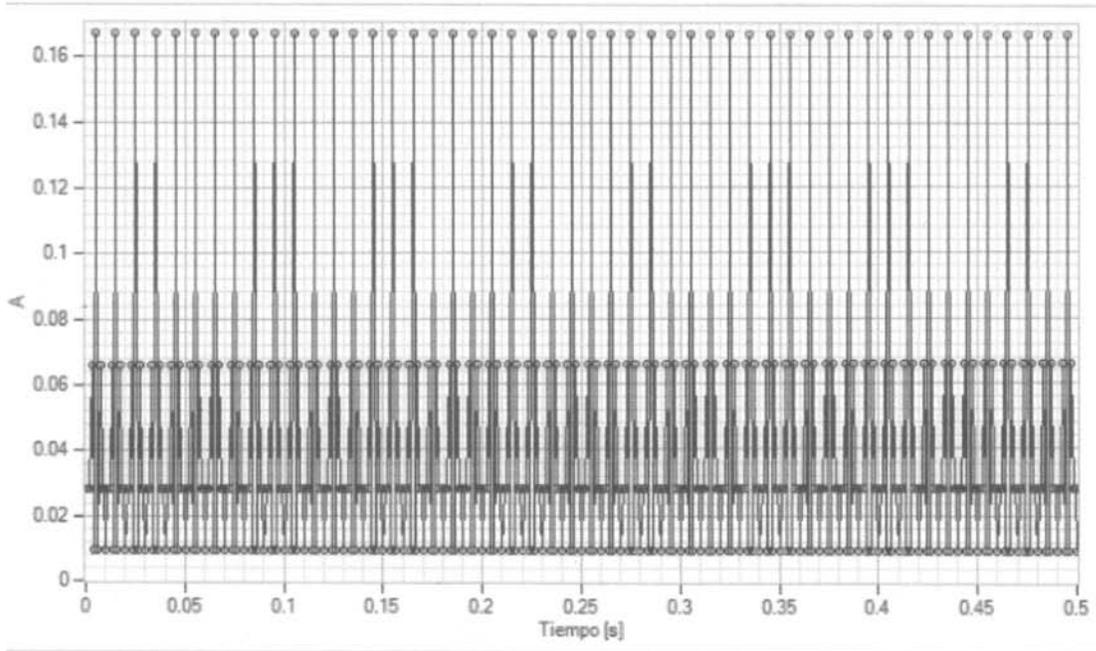
Fuente: Amperimetro.

No. de datos: 1000

Pagina 4 de 7

---

Tiempo [s]	A	Tiempo [s]	A	Tiempo [s]	A
0.487	0.028327	0.541	0.028327	0.595	0.028327
0.488	0.028327	0.542	0.028327	0.596	0.028327
0.489	0.053529	0.543	0.053529	0.597	0.053529
0.49	0.009426	0.544	0.009426	0.598	0.009426
0.491	0.166935	0.545	0.166935	0.599	0.166935
0.492	0.009426	0.546	0.009426	0.6	0.009426
0.493	0.053529	0.547	0.053529	0.601	0.053529
0.494	0.028327	0.548	0.028327	0.602	0.028327
0.495	0.028327	0.549	0.028327	0.603	0.028327
0.496	0.028327	0.55	0.028327	0.604	0.028327
0.497	0.028327	0.551	0.028327	0.605	0.028327
0.498	0.053529	0.552	0.053529	0.606	0.053529
0.499	0.009426	0.553	0.009426	0.607	0.009426
0.5	0.166935	0.554	0.166935	0.608	0.166935
0.501	0.009426	0.555	0.009426	0.609	0.009426
0.502	0.053529	0.556	0.053529	0.61	0.053529
0.503	0.028327	0.557	0.028327	0.611	0.028327
0.504	0.028327	0.558	0.028327	0.612	0.028327
0.505	0.028327	0.559	0.028327	0.613	0.028327
0.506	0.028327	0.56	0.028327	0.614	0.028327
0.507	0.053529	0.561	0.053529	0.615	0.053529
0.508	0.009426	0.562	0.009426	0.616	0.009426
0.509	0.166935	0.563	0.166935	0.617	0.166935
0.51	0.009426	0.564	0.009426	0.618	0.009426
0.511	0.053529	0.565	0.053529	0.619	0.053529
0.512	0.028327	0.566	0.028327	0.62	0.028327
0.513	0.028327	0.567	0.028327	0.621	0.028327
0.514	0.028327	0.568	0.028327	0.622	0.028327
0.515	0.028327	0.569	0.028327	0.623	0.028327
0.516	0.053529	0.57	0.053529	0.624	0.053529
0.517	0.009426	0.571	0.009426	0.625	0.009426
0.518	0.166935	0.572	0.166935	0.626	0.166935
0.519	0.009426	0.573	0.009426	0.627	0.009426
0.52	0.053529	0.574	0.053529	0.628	0.053529
0.521	0.028327	0.575	0.028327	0.629	0.028327
0.522	0.028327	0.576	0.028327	0.63	0.028327
0.523	0.028327	0.577	0.028327	0.631	0.028327
0.524	0.028327	0.578	0.028327	0.632	0.028327
0.525	0.053529	0.579	0.053529	0.633	0.053529
0.526	0.009426	0.58	0.009426	0.634	0.009426
0.527	0.166935	0.581	0.166935	0.635	0.166935
0.528	0.009426	0.582	0.009426	0.636	0.009426
0.529	0.053529	0.583	0.053529	0.637	0.053529
0.53	0.028327	0.584	0.028327	0.638	0.028327
0.531	0.028327	0.585	0.028327	0.639	0.028327
0.532	0.028327	0.586	0.028327	0.64	0.028327
0.533	0.028327	0.587	0.028327	0.641	0.028327
0.534	0.053529	0.588	0.053529	0.642	0.053529
0.535	0.009426	0.589	0.009426	0.643	0.009426
0.536	0.166935	0.59	0.166935	0.644	0.166935
0.537	0.009426	0.591	0.009426	0.645	0.009426
0.538	0.053529	0.592	0.053529	0.646	0.053529
0.539	0.028327	0.593	0.028327	0.647	0.028327
0.54	0.028327	0.594	0.028327	0.648	0.028327



Parámetros de regresiones

Parámetros	
$y = a + bx$	
$a:0$	$b:0$
$y = a + bLn(x)$	
$a:0$	$b:0$
$y = a e^{bx}$	
$a:0$	$b:0$
$y = a b^x$	
$a:0$	$b:0$

## **Bibliografía**

Pfleeger, Shari Lawrence. “*Software Engineerin. The Production of Quality Software*”. Second edition, Macmillan, 1991.

Booch, Grady. “*Object-oriented analysis and design*”. Second edition. Addison-Wesley. 1994.

Microsoft Corporations, “Visual Studio.NET 2003 Combined Collection”. Ambiente de trabajo Visual Studio 2002 Microsoft Corporation.

Grundgeiger, Dave. “*Programming Visual Basic.NET*”. O’Reilly. 2002.

Microsoft Corporations; “*Tutorial: Llamar a las API de Windows*”; pagina web: [http://msdn.microsoft.com/es-es/library/172wcfck9\(VS.80\).aspx](http://msdn.microsoft.com/es-es/library/172wcfck9(VS.80).aspx)

Schmuller , Joseph. “*Aprendiendo UML en 24 horas*”. Prentice Hall.

William Navidi. “*Estadística para ingenieros*”. Primera edición, McGraw-Hill. 2006

Manual de uso para la herramienta de diseño UML Visual Paradigm; disponible en: <http://www.visual-paradigm.com/documentation/vpumluserguide.jsp>

Baird, DC; “*Experimentación: Una introducción a la teoría de la medición y el diseño de experimentos*”; editorial Prentice-Hall Hispanoamérica. 1991.