

Índice de Tablas.....	IV
Índice de Gráficas.....	V
Índice de Ecuaciones.....	VI
Resumen.....	VIII
Introducción.....	1
Objetivos.....	3
Revisión Bibliográfica.....	5
ESTUDIO PREVIO	
Capítulo 1. Características del Sistema de adquisición de datos actual de la EIA y su puesta en marcha.....	6
1.1 Sistema de procesamiento de señales.....	7
1.2 Puesta en marcha del sistema.....	9
Capítulo 2. Reactivos preparados de concentración20	20
Conocida	
2.1 Soluciones para variar el ph partiendo de agua destilada.....	21
2.1.1 Obtención de soluciones de NaOH.....	22
2.1.2 Obtención de soluciones de HCl.....	23
2.2 Soluciones para variar la conductividad del agua destilada.....	25
2.2.1 Obtención de soluciones de NaCl.....	26
2.3 Soluciones para variar el potencial óxido-reductor.....	27
2.3.1 Obtención de soluciones de sulfato ferroso amónico.....	28
2.3.2 Obtención de soluciones de dicromato potásico.....	29
Capítulo 3. Funciones de entrada para el estudio dinámico.....	31
3.1 Función salto o escalón.....	32
3.2 Función impulso rectangular.....	33
3.3 Función rampa.....	34

METODOLOGÍA

Capítulo 4. Obtención de la Curva de calibración	36
4.1 Procedimiento	37
4.2 Cuantificación de la calidad de la señal	38
4.3 Curva de calibración de pH	39
4.3.1 Definición de pH	33
4.3.2 Descripción del electrodo de pH	40
4.3.3 Funcionamiento del electrodo de pH	41
4.3.4 Resultados obtenidos para la sonda de pH	43
4.3.5 Mantenimiento del electrodo de pH	45
4.4 Curva de calibración de conductividad	46
4.4.1 Definición de conductividad eléctrica	46
4.4.2 Factores que afectan a la conductividad	50
4.4.3 Celdas de cuatro electrodos	52
4.4.4 Resultados obtenidos para la sonda de conductividad elec	53
4.4.5 Mantenimiento del electrodo de conductividad	55
4.5 Curva de calibración del potencial óxido-reductor	56
4.5.1 Definición del potencial óxido-reductor	56
4.5.2 Resultados obtenidos para la sonda de potencial redox	57
4.5.3 Mantenimiento del electrodo de potencial redox	60
Capítulo 5. Herramienta para el estudio dinámico; Banco de pruebas	61
5.1 Componentes	62
5.2 Procedimiento	65
5.2.1 Introducción	65
5.2.2 Tratamiento de las soluciones	66
5.2.3 Mantenimiento del banco de pruebas	66
Capítulo 6. Comportamiento dinámico de las diferentes sondas	68
6.1 Estudio de las características de la sonda de pH	69
6.1.1 Escalón de pH	69
6.1.2 Impulso rectangular de pH	72
6.1.3 Rampa de pH	74
6.2 Estudio de las características de la sonda de conductividad	75
6.2.1 Escalón de conductividad	75
6.2.2 Impulso rectangular de conductividad	76

6.2.3 Rampa de conductividad.....	78
6.3 Estudio de las características de la sonda de potencial óxido-reductor.....	79
6.3.1 Escalón de potencial óxido-reductor.....	79
6.3.2 Impulso rectangular de potencial óxido-reductor.....	81
6.3.3 Rampa de potencial óxido-reductor.....	82
6.4 Resultados del estudio dinámico.....	83
Capítulo 7. Caracterización de los diferentes sensores Demandados por la EIA.....	85
7.1 Métodos de muestreo de la EIA.....	86
7.2 Posibles implementaciones técnicas.....	89
7.3 Estudio de mercado.....	91
7.4 Características complementarias del sistema a adquirir.....	100
Capítulo 8. Bibliografía.....	102
Anexo I.....	103
Capítulo 9. Mediciones del banco de pruebas	
Capítulo 10. Presupuesto del banco de pruebas	
Planos	

Índice de Tablas

Título de la Tabla

Tabla 2.1. Grados de pH básico frente concentración obtenida.....	23
Tabla 2.2. Grados de pH ácido frente concentración obtenida.....	25
Tabla 2.3. Conductividad frente concentración obtenida.....	27
Tabla 4.1. pH teórico frente a pH obtenido.....	44
Tabla 4.2. Variación de la medida de pH con referencia fija.....	45
Tabla 4.3. Conductividades del agua.....	48
Tabla 4.4. Conductividad teórica frente a conductividad medida.....	54
Tabla 4.5. Variación de la conductividad frente con una referencia fija.....	55
Tabla 4.6. Potencial óxido-reductor teórico frente al obtenido.....	59
Tabla 4.7. Variación del potencial óxido-reductor con una referencia fija.....	60
Tabla 6.1. Respuesta de la sonda de pH ante una entrada en escalón I.....	69
Tabla 6.2. Respuesta de la sonda de pH ante una entrada en escalón II.....	71
Tabla 6.3. Respuesta de la sonda de pH ante una entrada de impulso regular.....	72
Tabla 6.4. Respuesta de la sonda de conductividad ante una entrada en escalón.....	75
Tabla 6.5. Respuesta de la sonda de conductividad ante una entrada de impulso rectangular.....	77
Tabla 6.6. Respuesta de la sonda de potencial óxido-reductor ante una entrada En escalón.....	79
Tabla 6.7. Respuesta de la sonda de potencial óxido-reductor ante una entrada De impulso regular.....	81

Índice de Gráficas

Título de la Gráfica

Gráfica 4.1. Curva de calibración de pH.....	44
Gráfica 4.2. Conductividad teórica de distintas soluciones.....	50
Gráfica 4.3. Curva de calibración de conductividad.....	54
Gráfica 4.4. Curva de calibración potencial óxido-reductor.....	58
Gráfica 6.1. Curva de pH básico ante una entrada en escalón.....	70
Gráfica 6.2. Curva de pH ácido ante una entrada en escalón.....	71
Gráfica 6.3. Curva de pH ácido ante una entrada de impulso regular.....	73
Gráfica 6.4. Curva de pH ante una entrada en rampa.....	74
Gráfica 6.5. Curva de conductividad ante una entrada en escalón.....	76
Gráfica 6.6. Curva de conductividad ante una entrada de impulso regular.....	77
Gráfica 6.7. Curva de conductividad ante una entrada en rampa.....	78
Gráfica 6.8. Curva de potencial óxido-reductor ante una entrada en escalón.....	80
Gráfica 6.9. Curva de potencial óxido-reductor ante una entrada de impulso rectangular.....	82
Gráfica 6.10. Curva de potencial óxido-reductor ante una entrada en rampa.....	83

Índice de Ecuaciones

Título de la Ecuación

Ecuación 2.1. Moles de NaOH para 0.1 molar.....	22
Ecuación 2.2. Gramos de NaOH teóricos para 0.1 molar.....	22
Ecuación 2.3. Gramos de NaOH del concentrado.....	22
Ecuación 2.4. Relación entre pH y molaridad básica.....	22
Ecuación 2.5. Obtención de 0.5L de concentración 0.001 molar.....	22
Ecuación 2.6. Obtención de 0.5L de concentración 0.00001 molar.....	23
Ecuación 2.7. Moles de HCl para 0.1 molar.....	23
Ecuación 2.8. Porcentaje del concentrado.....	24
Ecuación 2.9. Moles de soluto del concentrado.....	24
Ecuación 2.10. Molaridad del concentrado de HCl.....	24
Ecuación 2.11. Volumen de concentrado para una solución 0.1M.....	24
Ecuación 2.12. Relación entre pH y molaridad ácida.....	24
Ecuación 2.13. Obtención de 0.5L de concentración 0.001 molar.....	24
Ecuación 2.14. Obtención de 0.5L de concentración 0.00001 molar.....	25
Ecuación 2.15. Moles de NaCl para una solución 1 molar.....	26
Ecuación 2.16. Gramos de NaCl teóricos para 1 molar.....	26
Ecuación 2.17. Gramos de NaCl del concentrado.....	26
Ecuación 2.18. Obtención de 0.5L de concentrado 0.1 molar.....	26
Ecuación 2.19. Obtención de 0.5L de concentrado 0.01 molar.....	27
Ecuación 2.20. Obtención de 0.5L de concentrado 0.001 molar.....	27
Ecuación 2.21. Relación entre potencial óxido-reductor y pH.....	27
Ecuación 2.22. Moles de sulfato ferroso amónico para una solución 0.01 molar.....	28
Ecuación 2.23. Gramos teóricos de concentrado para una solución 0.1 molar.....	28

Ecuación 2.24. Gramos de concentrado de SFA para una solución 0.01M.....	28
Ecuación 2.25. Moles de didromato potásico para una concentración 0.4 molar.....	29
Ecuación 2.26. Gramos de dicromato potásico teóricos para una concentración 0.4 molar.....	29
Ecuación 2.27. Gramos de concentrado para una concentración 0.4 molar.....	29
Ecuación 2.28. Relación entre normalidad y molaridad.....	29
Ecuación 4.1. Error relativo a fondo de escala.....	38
Ecuación 4.2. Producto iónico del agua.....	39
Ecuación 4.3. Producto iónico del agua simplificado.....	39
Ecuación 4.4. Ecuación de Nernst.....	42
Ecuación 4.5. Ecuación simplificada de Nernst.....	42
Ecuación 4.6. Relación entre pH y diferencia de potencial.....	42
Ecuación 4.7. Expresión del electrodo de hidrógeno estándar.....	56

Resumen

El proyecto que se presenta a continuación tiene por objetivo proveer a la EIA, Escuela Internacional del Agua de una herramienta útil para la elección de los diferentes sistemas usados para el control de la calidad de las aguas a tratar, siendo esto uno de sus principales ámbitos de trabajo. Dichos sistemas están provistos de sondas que miden diferentes parámetros, ya sea PH, conductividad, potencial redox, etc. Además de sus respectivos sistemas de tratamiento de las señales.

Después de realizar un estudio previo se observó que estos dispositivos existentes en la escuela estaban más enfocados al estudio de medidas discretas, y no al control de variables en un sistema continuo como una estación depuradora. En un sistema de depuración de aguas residuales, el sistema no se detiene y además suele estar en ambientes bastante más hostiles que los de un laboratorio, ya sean cambios bruscos de temperatura o niveles altos de la misma, lluvias, viento, etc.

Por todo ello se pretende crear una herramienta que sirva de orientación a la hora de elegir un dispositivo u otro disponible en el mercado, este proyecto estudia el comportamiento de las distintas sondas que dispone el departamento, realizando ensayos tanto de forma discreta como en modo continuo, obteniendo las curvas de calibración de los diferentes sensores, evaluando su comportamiento dinámico, su mantenimiento, todo ello con el fin de llegar a definir las características que han de tener los sensores y sistemas de adquisición de datos demandados por la EIA y proveer tanto de un protocolo de evaluación de sistemas, con la ayuda de un banco de pruebas para el estudio dinámico de las diferentes sondas y sistemas.

En este documento se describen todas las características del banco de pruebas propuesto, tanto en su diseño y elementos, como en su puesta en marcha, utilización y los métodos de muestreo a realizar para comprobar los comportamientos de los diferentes sensores en un sistema continuo.

Los resultados obtenidos en las pruebas realizadas a las sondas demuestran que el sistema adquirido por la EIA a mediados del pasado año reflejan carencias que han de evitarse en futuras adquisiciones.

La medida en continuo que nos proporciona el sistema contiene errores con respecto a la medida teórica entre el 20% y el 45%, dichos errores pueden poner en peligro futuros proyectos destinados a la depuración de aguas residuales, debido a el

uso por parte de la EIA, de técnicas no convencionales como cultivos biológicos, lo que podría ocasionar la pérdida de muchos meses de estudios y trabajo.

Otro problema detectado en el sistema de adquisición de datos testeado ha sido la falta de libertad a la hora de manejar los datos obtenidos, esto produce retrasos en la interpretación de los mismos.

En el proyecto también se ha realizado un estudio de los diferentes sistemas existentes en el mercado con el propósito de determinar características que sean útiles a la EIA. De este estudio se han sacado cualidades como la protección de los sistemas ante condiciones del entorno de operación, modos de comunicación y control a distancia por medio de dispositivos GSM, GPS, o internet. Dichas características pueden ser de gran utilidad para el control de sistemas y pueden garantizar condiciones de operación particulares.

Por lo expuesto, se refleja que este proyecto dota a la EIA, Escuela Internacional del Agua, de una guía y una herramienta que les permita una elección correcta de los sistemas destinados al tratamiento de agua.

Abstract

The main purpose of this project is providing to the EIA, "Escuela Internacional del Agua", a useful tool for water treatment systems. These systems are furnished with probes which measure the different parameters that define the water quality -pH levels, conductivity, potential redox...-. Furthermore, each probe has its own signal processing system.

After a preliminary exam, it was noticed that the existing devices were more focus on discrete measurement in the laboratories than on the variable control with a continuous system. An example of that would be the sewage treatment plants where the data control never stops even in the most hostile environment; checking the temperature changes, rain frequency...

That is why it is necessary to create a new tool that could analyze the different devices in order to advise the EIA in the market stock. This project studies the performance of each probe available in the EIA, testing both discrete way and continuous way to obtain the chart calibration of the different probes and evaluate their dynamic performances, their service lives, their maintenance... So, that is how it could be possible to define the characteristics that the EIA needs for a data acquisition system providing both a basic protocol system and a dynamic test stand.

In this project are described the characteristics of the test stand proposed; components, design, installation, instructions, and sampling methods. The result of the tests shows that the system acquired by the EIA last year has a large lack of benefits which it must be weighed up.

The current continuous system used by the EIA has some mistakes related to the real measure about 20%- 45%. These mistakes can put in danger any future sewage treatment project because of the use of non-conventional techniques like biological culturing -what could create the loss of working time-.

Another problem that is been detected is the restrained processing capacity with the obtained data. That produces delays in the interpretation of these data.

In this project, it is also included a market study about the present systems to establish the most useful characteristics for the EIA: system protection -IP65-, communication displays -GSM, GPS, and internet-... These characteristics can guarantee better specific operation conditions.

To conclude, this project can offer a new guide for the EIA that will allow them to make a better choice in sewage treatment system.