



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y  
AUTOMATISMO

TEMA:

**Análisis de una arquitectura a escala para el uso de inteligencia  
artificial de un proceso de filtrado de agua**

AUTOR:

Toledo Villamar, Javier Joel

Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de  
**INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO**

TUTOR:

Mgs. Alvarado Bustamante, Jimmy Salvador

Guayaquil, Ecuador

14 de septiembre del 2020



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y  
AUTOMATISMO

**CERTIFICACIÓN**

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por el Sr.  
**Toledo Villamar, Javier Joel** como requerimiento para la obtención del  
título de **INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO**.

TUTOR

Mgs. Alvarado Bustamante, Jimmy Salvador

DIRECTOR DE CARRERA

M. Sc. Heras Sánchez, Miguel Armando

Guayaquil, a los 14 días del mes de septiembre del año 2020



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y  
AUTOMATISMO

**DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

Yo, **Toledo Villamar, Javier Joel**

**DECLARÓ QUE:**

El trabajo de titulación “**Análisis de una arquitectura a escala para el uso de inteligencia artificial de un proceso de filtrado de agua.**” previo a la obtención del Título de **Ingeniero Electrónico en Control y Automatismo**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 14 días del mes de septiembre del año 2020

EL AUTOR

---

TOLEDO VILLAMAR, JAVIER JOEL



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y  
AUTOMATISMO

**AUTORIZACIÓN**

**Yo, Toledo Villamar, Javier Joel**

Autorizó a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: **“Análisis de una arquitectura a escala para el uso de inteligencia artificial de un proceso de filtrado de agua.”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, a los 14 días del mes de septiembre del año 2020

EL AUTOR

---

TOLEDO VILLAMAR, JAVIER JOEL

## REPORTE DE URKUND

Informe del Trabajo de Titulación de la Carrera de Ingeniería ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO, con 3% de coincidencias perteneciente al estudiante, JAVIER JOEL TOLEDO VILLAMAR.

The screenshot displays the URKUND interface. On the left, document details are shown: 'Documento' is 'Tesis Javier Toledo Final.docx (D78656679)', 'Presentado' is '2020-09-06 00:32 (-05:00)', 'Presentado por' is 'javiertoledo-96@hotmail.com', 'Recibido' is 'edwin.palacios.ucsg@analysis.orkund.com', and 'Mensaje' is 'Tesis Javier Toledo Parafraseada 2' with a link to 'Mostrar el mensaje completo'. A yellow highlight indicates '3% de estas 14 páginas, se componen de texto presente en 3 fuentes.' On the right, the 'Lista de fuentes' (Source List) is visible, showing a table with columns 'Categoría' and 'Enlace/nombre de archivo'. The table lists three sources: '2020-09-03 Tesis Gonzalo Torres .docx', 'https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecn...', and 'https://docplayer.es/5172914-Sistemas-multia...'. Below the source list are sections for 'Fuentes alternativas' and 'Fuentes no usadas'. At the bottom, a comparison window shows two text blocks side-by-side. The left block is the document text, and the right block is the source text. Both blocks contain identical text: 'UNIVERSIDAD CATÓLICA DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL', 'FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y AUTOMATISMO', 'TEMA: Análisis de una arquitectura a escala para el uso de inteligencia artificial de un proceso de filtrado de agua', 'AUTOR: Toledo Villamar, Javier Joel', 'Trabajo de Titulación previo a la obtención del título de INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO', 'TUTOR: Mgs. Alvarado Bustamante, Jimmy Salvador', 'Guayaquil, Ecuador', and '... de Septiembre del 2020'.

Atte.

Ing. Jimmy Alvarado Bustamante

TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

## **DEDICATORIA**

Este triunfo universitario está dedicado a mis padres Javier Enrique Toledo de Santis y Sillyan Irlanda Villamar Aguayo por haber hecho el acto de apoyarme en mi decisión de futuro y seguir ahí hasta este final, por tener la voluntad de priorizar este camino ante lo demás, este gran logro es para ustedes. No dejaré atrás la oportunidad de dedicarle el fin de este proceso a Samantha Reyes, porque el triunfar académicamente es decisión personal, y las personas se forman por su entorno, mi entorno fue y sigue siendo su compañía, misma que me ha dado actitudes y aptitudes de admirar, te dedico esto por eterna mano estirada dispuesta a levantarnos sea cual sea la situación.

**EL AUTOR**

**TOLEDO VILLAMAR, JAVIER JOEL**

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a mis padres en primer lugar,  
Por sacrificio diario para velar por mi carrera,  
Y segundo a cada compañero y docente que me apoyó en mi camino  
universitario.*

*Este título universitario es gracias a todo aquel que puso primero el  
empatizar con los demás y no la competencia dañina.*

*Agradezco al movimiento Resistencia por las grandes ideas dadas hacia mí,  
para el desarrollo excelente de este tema de investigación.*

*Gracias por haber estado cada ser nombrado en este párrafo en mi  
formación, el éxito es de todos.*

EL AUTOR

TOLEDO VILLAMAR, JAVIER JOEL



**UNIVERSIDAD CATÓLICA  
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**  
FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO  
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y  
AUTOMATISMO

**TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN**

f.

**M. Sc. ROMERO PAZ, MANUEL DE JESUS**  
DECANO

f.

**M. Sc. PALACIOS MELÉNDEZ, EDWIN FERNANDO**  
COORDINADOR DEL ÁREA

f.

**M. Sc. Quezada Calle, Edgar Raúl**  
OPONENTE



## Índice General

Índice de Tablas .....	XI
Índice de Ilustraciones .....	XII
Resumen.....	XIII
<b>Capítulo 1: Descripción General del Trabajo de Titulación .....</b>	<b>2</b>
1.1. Introducción. ....	2
1.2. Antecedentes.....	2
1.3. Definición del Problema.....	3
1.4. Justificación del Problema. ....	4
1.5. Objetivos del Problema de Investigación. ....	5
1.5.1. Objetivo General.....	5
1.5.2. Objetivos Específicos.....	5
1.6. Hipótesis.....	5
1.7. Metodología de Investigación. ....	6
<b>Capítulo 2: Fundamentación Teórica .....</b>	<b>7</b>
2.1. Estado del arte.....	7
2.1.1. Clasificación de la cobertura y del uso del suelo urbano usando imágenes de satélite y algoritmos supervisados de inteligencia artificial, Caso de estudio Bogotá, Colombia .....	7
2.1.2. Arquitectura Basada en Inteligencia Artificial Distribuida para la Gerencia Integrada de Producción Industrial, caso de estudio México .....	7
2.2. Arquitecturas de automatización industrial. ....	8
2.2.1. Modelos de automatización .....	8
2.2.2. Modelado a Escala.....	10
2.3. Sistemas Multiagentes.....	11
2.3.1. Interacción de los SMA .....	12
2.3.2. Comunicación.....	13
2.3.3. Lenguajes de comunicación .....	14
2.4. Redes de Petri .....	14
2.5. Plantas potabilizadoras de agua .....	15
2.5.1. Proceso de Captación .....	16

2.5.2. Proceso de Coagulación .....	16
2.5.3. Proceso de Sedimentación .....	16
2.5.4. Proceso de filtración .....	16
2.5.5. Proceso de Desinfección .....	18
<b>Capítulo 3: Análisis del sistema de filtrado de agua .....</b>	<b>19</b>
<b>3.1. Consideraciones Iniciales .....</b>	<b>19</b>
3.1.1. Diagrama del Funcionamiento del Proceso .....	20
3.1.2. Descripción del Sistema .....	22
3.1.3. Características del Sistema .....	26
<b>Capítulo 4: Análisis Económico .....</b>	<b>33</b>
<b>4.1. Infraestructura a Escala de un Proceso de Filtrado de Agua .....</b>	<b>33</b>
<b>Conclusiones .....</b>	<b>35</b>
<b>Recomendaciones .....</b>	<b>36</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>37</b>
<b>Anexos .....</b>	<b>39</b>

## Índice de Tablas

Tabla 2.1 Comparativa de módulos de automatización .....	10
Tabla 2.2 Diferencias entre los SMA y la RPD.....	12
Tabla 2.3 Análisis Económico .....	33
Tabla 2.4 Costos Directos a Nivel de Escala .....	34

## Índice de Ilustraciones

Ilustración 2.1 Modelos a Escala de Estructuras de Construcción.....	10
Ilustración 2.2 Estructura Típica de un SMA2.....	12
Ilustración 2.3 Representación en redes de Petri de un arranque.....	14
Ilustración 2.4 Tanque de filtrado con carbón activo.....	16
Ilustración 2.5 Desinfección de Agua.....	17
Ilustración 2.6 Diagrama de Flujo de Proceso de filtrado.....	19
Ilustración 3.1 Conexiones de Sensores Tarjeta Arduino.....	21
Ilustración 3.2 Conexiones de relés de electroválvulas a tarjeta arduino y contactores a línea de fuerza 120V AC.....	22
Ilustración 3.3 Conexión de sensores a tarjeta Arduino.....	23
Ilustración 3.4 Tabla de Nomenclatura.....	24
Ilustración 3.5 Placa Arduino.....	25
Ilustración 3.6 Electroválvula Servocomandada.....	27
Ilustración 3.7 Sensor Ultrasónico.....	28
Ilustración 3.8 Sensor DH11.....	29
Ilustración 3.9 Sensor de Agua.....	31

## **Resumen**

La tecnología inteligente dada por los sistemas multiagentes tiene la capacidad de optimizar los procesos supervisorios debido a la autonomía de los agentes controladores incluidos, mediante las oportunidades de monitoreo que ofrecen programándolos a medida con lo que necesita la empresa en particular, usando herramientas adecuadas como las redes de Petri y los lenguajes de programación de agentes; adecuando esta tecnología en una estructura idónea para la misma, con un modelado a escala para facilitar la visualización del proceso en su totalidad. Todo esto tendiendo al alza los beneficios económicos de la planta reflejándose en ahorros de gastos en materia prima, mayores ingresos de producción y menos personal para puestos muy básicos en el proceso industrial; contribuyendo incluso al impacto ambiental y a la fomentación de sistemas multiagentes a las demás ramas de la industrial del agua y otros procesos de producción, tomando en cuenta el Ecuador como sitio propicio para su implementación.

**Palabras claves: (AHORRO, AUTONOMÍA, CONTROL, SUPERVISIÓN, INDUSTRIA, AGENTES)**

## Capítulo 1: Descripción General del Trabajo de Titulación

### 1.1. Introducción.

La tecnología denominada inteligencia artificial emplea algoritmos para que las máquinas a través de dispositivos tengan la capacidad de guardar información, aprender de manera autónoma, tomar decisiones y ejecutarlas, a estos se los llama “agentes”. La comunicación entre ellos es lo importante para una automatización industrial inteligente, donde se utilizan lenguajes de comunicación estandarizados para estas tecnologías, llamando a este conjunto “sistemas multiagentes” (SMA) en los cuales se aplican extensiones metodológicas de orientación a objetos e ingeniería del conocimiento.

El proceso de filtración de agua, para el abastecimiento de una ciudad promedio varía de acuerdo con la extensión territorial de la misma. Para obtener el producto final, en este caso es el agua potable, dicho proceso consta de cinco etapas indispensables para el correcto tratamiento del agua. La etapa de captación es la primera que se presenta en el proceso de potabilización del agua, que, como su nombre lo indica, consiste en la captación del agua de río y todo lo que conlleva en él. Los procesos posteriores al primero, que son: Floculación, Sedimentación y Filtrado consisten, resumiendo, en la eliminación de partículas grandes y pequeñas que se encuentran el agua.

### 1.2. Antecedentes.

En febrero del 2020, en la Facultad técnica para el desarrollo de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, fue presentado el trabajo de investigación ***Sistema de supervisión inteligente para un subsistema de filtración en una planta potabilizadora de agua*** por Alvear Celi, Samuel Andree como requisito para optar el título en Ingeniería Electrónica en Control y Automatismo. Trabajo que está basado en la investigación e implementación de un proceso supervisorio autónomo para el control del filtrado de agua, con el uso de herramientas como sistemas multiagentes comunicados mediante sistemas SCADA.

### **1.3. Definición del Problema.**

A nivel industrial los procesos de automatización suelen estar incompletos, con esto me refiero a que no manejan todas las variables que se puedan producir o aparecer, por ende, la productividad, ingresos o eficiencia no será la adecuada, esperada y analizada. Las deficiencias encontradas en los procesos automáticos se originan por diversos factores (alguna variable sin controlar, un setpoint mal referenciado, un actuador incompatible o dañado, etc), pero todos se resumen en problemas por complejidad. Los procesos industriales complejos son los más afectados a nivel de control, se dice que un proceso es complejo cuando el número de elementos que lo componen es alto, consecuentemente su interacción no es la adecuada y por último se desconoce el modo exacto de estas interacciones; y esto en industrias del agua es de alto riesgo. El proceso de filtrado específicamente es el más complejo antes de la distribución, es en este caso donde la supervisión debe ser eficiente; la gran cantidad de variables para tomar en consideración en dicho proceso lo vuelve un problema para sistemas de control convencionales donde el chequeo de muchas variables los vuelve no óptimos, lo que provoca el aumento de recursos y mantenimiento. Por lo tanto, se plantean las siguientes preguntas:

¿Existe diferencia significativa en la eficiencia utilizando un proceso inteligente?

¿Sirven los sistemas multi agentes para todo tipo de procesos?

¿Abarcaría la utilización de un sistema multiagentes todas las variables del proceso de filtrado de agua?

#### **1.4. Justificación del Problema.**

Debido a que no hay tantos antecedentes que traten el problema expuesto, se realiza esta investigación para cubrir la falta de implementación de sistemas inteligentes sobre todo orientado a la industria del agua. Por la razón de tener un buen control supervisorio en la producción de agua potable, apta para el consumo masivo de personas, es un avance importante hacia un futuro económico, amigable con el medio ambiente y de calidad, ya que el agua en específico es de un macro consumo, lo que significa alto costos de mantenimiento y producción.

Para el tratamiento correcto del agua, es importante conocer las etapas y procesos que este conlleva, para la obtención de un producto que cumpla con los estándares de calidad apropiados para un consumo. La implementación de sistemas inteligentes es un avance importante hacia un futuro económico y de calidad, porque junto con el extenso conocimiento de la infraestructura del proceso de filtrado, ayudará a que con menos recursos se logre mejor eficacia, dando como resultado, mejoras económicas y optimización de recursos a largo plazo.

El impacto ambiental mejoraría al tener un control responsable y con bastantes puntos ciegos cubierto (variables tomadas) que ayudaría a evitar el desperdicio de agua, que conllevaría más botellas, transporte, tomas de agua, etc.; aunque cierta agua es reciclable, el no manejar correctamente el proceso, afectaría directamente el medio ambiente.



## **1.5. Objetivos del Problema de Investigación.**

### **1.5.1. Objetivo General.**

Diseñar arquitectónicamente basado en inteligencia artificial distribuida para el modelo de sistemas de control supervisorio aplicable a procesos de filtrado de agua.

### **1.5.2. Objetivos Específicos.**

- Definir una estrategia de supervisión apropiada para garantizar la optimización en el proceso de filtrado en una planta potabilizadora de agua.
  
- Diseñar un esquema eléctrico basado en las variables evaluadas a controlar el proceso de filtrado de agua.
  
- Proponer una arquitectura para el diseño de un sistema supervisorio basado en la teoría de sistemas multiagentes.
  
- Desarrollar un análisis económico del modelado arquitectónico a escala del proceso de filtrado de agua.

## **1.6. Hipótesis.**

Dentro de una planta industrial, los controles de supervisión tienden a mejorar cuando hay más variables controladas por lo que se puede suponer que un proceso controlado por sistemas autónomos sería capaz de abarcar las variables necesarias debido a la capacidad autónoma de los agentes de adquirir conocimiento a partir de la prueba y error, entonces se podría abarcar más variables de las que no se contaba al inicialmente.

### **1.7. Metodología de Investigación.**

El tipo de investigación es cuantitativo debido a que se relaciona las dos variables: usar agentes inteligentes y el no hacerlo. Se desarrolla un enfoque de estudio cuantitativo ya que está basada en analizar los datos obtenidos del estudio económico del modelado del sistema planteado. Se toma en cuenta un método analítico, debido a que se hará un análisis de dimensiones acorde a una demanda específica, se definirá las herramientas periféricas que se instalarán en distintos puntos estratégicos para un correcto control, monitoreo y análisis del comportamiento del entorno.

## **Capítulo 2: Fundamentación Teórica**

### **2.1. Estado del arte.**

A lo largo de estos cinco años, se han encontrado investigaciones utilizando la inteligencia artificial como recurso viable para el crecimiento industrial, demostrando así que esta tecnología no es ajena a las grandes industria u obras, y su actualización es visible.

#### **2.1.1. Clasificación de la cobertura y del uso del suelo urbano usando imágenes de satélite y algoritmos supervisados de inteligencia artificial, Caso de estudio Bogotá, Colombia**

Este artículo presenta una comparación del funcionamiento y de las capacidades de dos algoritmos de Inteligencia Artificial, retro-propagación (redes neuronales artificiales) y árboles de decisión, que representan métodos alternativos para la clasificación digital de imágenes de sensores remotos frente a los algoritmos estadísticos convencionales. En particular, se muestran las ventajas y limitaciones de las nuevas técnicas, teniendo en cuenta conceptos teóricos al igual que la evaluación de los resultados obtenidos en su aplicación en la clasificación de cobertura y uso del suelo en una zona piloto de la ciudad de Bogotá, Colombia. (Lizarazo, 2018)

#### **2.1.2. Arquitectura Basada en Inteligencia Artificial Distribuida para la Gerencia Integrada de Producción Industrial, caso de estudio México**

La propuesta presentada en este trabajo de investigación consiste en una arquitectura de referencia para la gestión integrada de producción, que permite el acceso a la información requerida para obtener una visión completa del estado del proceso productivo y habilita la automatización inteligente de los procesos de negocio, a partir de la definición de un mecanismo de acceso estandarizado a las fuentes de información de proceso, del desarrollo de un marco ontológico de producción y del uso de técnicas de inteligencia artificial distribuida, específicamente sistemas multiagentes e instituciones electrónicas. (Bravo, 2017)

## **2.2. Arquitecturas de automatización industrial.**

Para una buena implementación de automatización hay varios aspectos a considerar, no solo es necesario conocer de la tecnología, es importante estar al tanto de todo lo que involucra el proyecto (proceso, producto, capacidad, inclusive las condiciones de la planta y el mercado). Todas las características en mención hacen que la automatización industrial sea un proceso complicado si no se los conoce, para lo cual es vital tener toda la información disponible, al alcance para la óptima implementación de un concepto de automatización íntegro junto con los procesos de producción.

### **2.2.1. Modelos de automatización**

Un modelo de automatización es todo aquello que ayuda a organizar y juntar varios componentes a un sistema de una manera estándar; es utilizado como comienzo en los diseños con una alta cantidad de sistemas en una misma área aplicativa, especifica la arquitectura global del sistema mostrando las tareas a ejecutarse, permitiendo al usuario el uso de un modelado para así dar seguimiento directo de una estructura con los aspectos más relevantes a considerar durante un proceso, como su nombre lo indica fusiona de manera ordenada el sistema con las funciones de cada componente. (Aguilar et al., 2013, p. 268)

#### **2.2.1.1. Modelos Jerárquicos**

Son modelos con un diseño establecido, el cual se sigue línea a línea permitiendo una mayor interrelación, no obstante, impiden la rápida reacción ante variables encontradas. Estos modelos poseen la virtud de que son casi independientes, lo que nos lleva a apreciar que la complejidad de estos está separada por cada jerarquía.

Se caracterizan por:

- Seguir la línea y formato gerencial humano
- Sistemas autónomos
- Robustez
- Permite la fácil integración y acoplamiento de nuevas tecnologías, etc.

### **2.2.1.2. Modelos Heterárquicos**

Se basa en un modelado por módulos autónomos, pero con comunicación distribuida por lo cual los módulos cooperan entre si permitiendo llegar a los objetivos planteados. Este modelado excluye en su totalidad las estructuras jerárquicas y da paso a sistemas multiagentes, ya que cada módulo es un agente y sus comunicaciones vienen dad por protocolos de negociación.

### **2.2.1.3. Comparativa**

Según la información dada por los modelos jerárquicos y heterárquicos se presenta la tabla 2.1. con la comparativas entre ambos

Modelos Jerárquicos	Modelos Heterárquicos
Basado en jerarquías	Se prohíbe todo tipo de jerarquía (Arquitectura plana)

Estructuras relativamente rígidas	Buen desempeño ante cambios
Autonomía débil	Total autonomía local
Posible propagación de fallas	Robustez y flexibilidad para evitar la propagación de fallas
Coordinación ejecutada en los niveles superiores de la arquitectura	Posibles problemas de coordinación

**Tabla 2.1 Comparativa de módulos de automatización**

Fuente: Sistemas Multiagentes y sus aplicaciones en la automatización industrial.

#### **2.2.1.4. Modelos Híbridos**

Son los modelos que representan lo que se busca, aquellos que combinan las virtudes de los modelos jerárquicos y heterárquicos, pero dejando a un lado todas las falencias y desventajas donde podemos encontrarlos caracterizados en arquitecturas holónicas, donde muestran:

- Jerarquías flexibles
- Autonomía de módulos
- Evasión de jerarquías piramidales, etc.

#### **2.2.2. Modelado a Escala**

Una maqueta o modelo a escala es una representación física en 3D de un objeto. Los modelos a escala son soluciones asequibles para usos con fines publicitarios, de decoración, de exhibición y educativos. (SpaceRobotics.eu, 2020, párr. 1)



**Ilustración 2.1 Modelos a Escala de Estructuras de Construcción**

Fuente: <https://www.spacerobotics.eu>

### **2.3. Sistemas Multiagentes**

La inteligencia artificial ha tenido un auge investigativo, donde se ha enfocado el estudio de poder resolver problemas cooperativamente en un proceso, y aquí es donde entra la llamada IAD (Inteligencia Artificial Distribuida); tecnología que abarca dos grandes ramas, como son los SMA (Sistemas Multiagentes) y la RPD (Resolución Distribuida de Problemas).

La diferencia entre las ramas de la IAD radica en que una RPD se basa en distribuir un mismo módulo en particiones dedicadas a enfrentarse a un mismo problema para resolverlo, estos agentes están obligados a trabajar bajo un mismo lenguaje y a su vez que cada uno influya consecuentemente de la resolución; mientras que los SMA son un conjunto de agentes totalmente autónomos trabajando unos con otros para resolver el problema dado compartiendo conocimiento que se tenga del dilema en cuestión, como de sus soluciones, tomando este sistema como una comunidad de agentes que utilizando varios protocolos de comunicación de alto nivel influyen entre todos para resolver un problema que va más allá del conocimiento individual de cada uno.

Se puede distinguir en la tabla 2.2 las diferencias más relevantes en una comparativa de los SMA y la RPD.

## Tabla 2.2 Diferencias entre los SMA y la RPD

Fuente: Sistemas Multiagentes y sus aplicaciones en la automatización industrial.

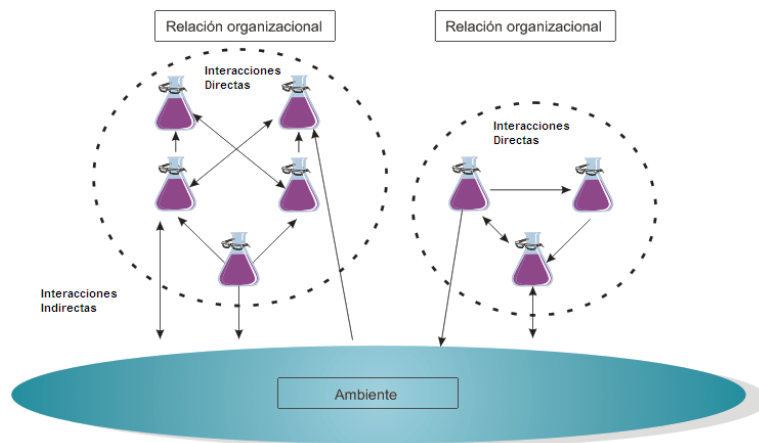
SMA	RPD
Tiene un enfoque directamente a controlar las acciones entre los agentes y la interacción de cambio de información entre los mismo	Se enfocan en la descomposición de tareas y síntesis de las soluciones propuestas
Es asíncrono	Necesitan sincronizarse
Permiten la emergencia	Son deterministas

### 2.3.1. Interacción de los SMA

Todo lo que conlleva una comunidad de agentes inteligentes va más allá de una simple comunicación. La interacción entre agentes abarca una cooperación que les permite analizar, evaluar y resolver problemas aplicando diferentes mecanismos, llevando a un proceso de satisfacción eficaz de objetivos. En la figura 2.1 se aprecia la estructura general de un SMA.

Fuente: Sistemas Multiagentes y sus Aplicaciones en la Automatización Industrial.





**Ilustración 2.2 Estructura Típica de un SMA**

Fuente: Sistemas Multiagentes y sus Aplicaciones en la Automatización Industrial.

### 2.3.2. Comunicación

En los SMA la comunicación es lo más importante, ya que es el método de interacción de un agente con otro y tanto como en los humanos, a los SMA la comunicación viene dada a lo que se llama “habla”, donde se dice que cada agente habla con otro en un determinado momento, por consiguiente, cuando el SMA comienza a hablar, entramos en el acto de “conversación”.

La comunicación parte de señales donde intervienen dos elementos como son los índices y los signos. El índice es una señal hipotética, que no dice mucho, por ejemplo, un charco es índice de lluvia o fuego es índice de llamas; los signos por el contrario son señales de marca, que te dan un rastro para el que lo pueda captar.

Para que la comunicación surja efecto debe haber dos tipos de comportamientos:

- Que un agente sea capaz de captar las señales.
- Que un agente sea capaz de interpretar las señales para poder transportarlas de nuevo.

### **2.3.3. Lenguajes de comunicación**

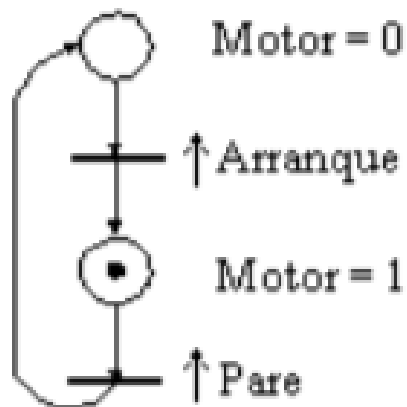
Cuando se habla de lenguajes de comunicación encontramos que esto es de un contenido muy amplio, pero hay lenguajes específicos para agentes, en este caso se estudiará el llamado ACL (Agent Communication Language). La composición de este lenguaje viene dada por uno "interno" y uno "externo", el "KIF" (Knowledge Interchange Format) y el "KQML" (Knowledge Query and Manipulation Language).

- KIF: Es un lenguaje basado en la lógica de predicado de primer orden, con notación prefija, que permite representar conocimiento en los mensajes que se transmiten, con extensiones para soportar definiciones y razonamiento. (Aguilar et al., 2013, p. 37)
- KQML: Es un lenguaje el cual se basa en la alteración o manipulación de conocimiento (KQML). Tiene como característica manejar una estructura específica para que los agentes tengan ideas visibles. (Aguilar et al., 2013, p. 37)

### **2.4. Redes de Petri**

Las redes de Petri son una herramienta matemática aplicable al modelo de sistemas discretos concurrentes que admite una valiosísima representación gráfica, que sin lugar a duda es uno de los mejores atractivos desde el punto de vista industrial. (Silva, 2002)

El avance y crecimiento de las Redes de Petri (RdP) ha sido notable desde su desarrollo en 1962. Cuenta de ello, dan las numerosas publicaciones que muestran trabajos en el modelamiento de sistemas concurrentes, protocolos de comunicaciones, sistemas de tiempo real, sistemas distribuidos, sistemas de manufactura, sistemas multiprocesador y por supuesto, sistemas secuenciales. (Zapata, 2002, p. 66)



**Ilustración 2.3 Representación en redes de Petri de un arranque**

Fuente: Estructuras Generalizadas para Controladores Lógicos Modeladas Mediante Redes de Petri

## 2.5. Plantas potabilizadoras de agua

Una planta potabilizadora de agua es la infraestructura encargada de eliminar los microorganismos, parásitos o sustancias que en una concentración determinada puedan suponer un riesgo para la salud humana. Se encargan por lo tanto de garantizar el acceso a agua saludable para la población. (*Fases del agua en una planta potabilizadora*, 2017, párr. 1)

El proceso de una planta potabilizadora de agua está dividido en varios subprocesos, como lo son:

- Captación
- Coagulación
- Sedimentación
- Filtración
- Desinfección

### **2.5.1. Proceso de Captación**

Como su propio nombre indica se trata del proceso para captar el agua de un embalse, lago o río. Todo el proceso se maneja mediante electroválvulas que transportan la materia prima a una cámara de carga y luego a los tanques de almacenamiento. En esta etapa se bombea el agua por conductos con rejillas para poder liberar el agua lo más posible de residuos hacia la siguiente fase (*Fases del agua en una planta potabilizadora*, 2017, párr. 5)

### **2.5.2. Proceso de Coagulación**

El líquido ya en los tanques reposa de tal manera que se separan los sólidos que aún se encuentran presentes, por medio de la flotabilidad de estos son más fáciles de extraer. Este proceso se llama de esta manera debido a que los sólidos se juntan formando grumos o coágulos. Durante este proceso de coagulación se eliminan las algas y el plancton existente en el agua. (*Fases del agua en una planta potabilizadora*, 2017, párr. 6)

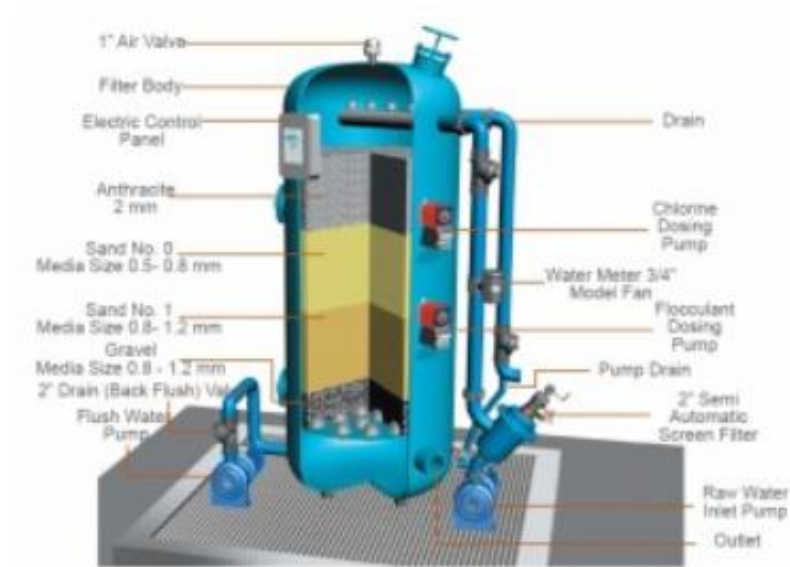
### **2.5.3. Proceso de Sedimentación**

La sedimentación es un sencillo pretratamiento físico del agua que se realiza antes de la aplicación de otros tratamientos de purificación, como la filtración y la desinfección. Elimina tanto pequeñas partículas suspendidas no deseadas (arena, limo y arcilla) como algunos contaminantes biológicos del agua bajo la influencia de la gravedad. Cuanto más tiempo se mantenga el agua sin movimientos, más se depositarán los sólidos suspendidos y los patógenos en el fondo del contenedor. (*Sedimentación | SSWM - Find tools for sustainable sanitation and water management!*, 2020, párr. 4)

### **2.5.4. Proceso de filtración**

Se conduce el agua a través de un medio poroso, frecuentemente arena o carbón, con el objetivo de remover los sólidos suspendidos en el agua y clarificar de esta forma el líquido. Esta fase es un proceso preparatorio para la desinfección durante el que se disminuye la carga bacteriana del agua

para que la siguiente etapa sea más efectiva. (*Fases del agua en una planta potabilizadora*, 2017, párr. 8)



**Ilustración 2.4 Tanque de filtrado con carbón activo**

Fuente: ("Filtros de Agua de Carbón Activo",  
<http://www.carbonactivo.net/filtros-agua-carbon-activo/>)

El tanque de la figura 2.4 trabaja de la siguiente forma:

- El agua se vierte desde los tubos superiores
- El agua baja por gravedad, atravesando los diferentes filtros
- El carbón activado es la primera capa, para filtrar materiales superficiales
- La arena fina remueve los sólidos pequeños
- La arena gruesa quita los sólidos grandes
- Por último la grava o piedras quita los últimos excesos
- Y el agua sale del tanque por medio de una tubería inferior

### 2.5.5. Proceso de Desinfección

La desinfección del agua significa la extracción, desactivación o eliminación de los microorganismos patógenos que existen en el agua. La destrucción y/o desactivación de los microorganismos supone el final de la reproducción y crecimiento de estos microorganismos. Si estos microorganismos no son eliminados el agua no es potable y es susceptible de causar enfermedades. El agua potable no puede contener estos microorganismos. (*Que es la desinfección del agua?*, 2020, párr. 1)



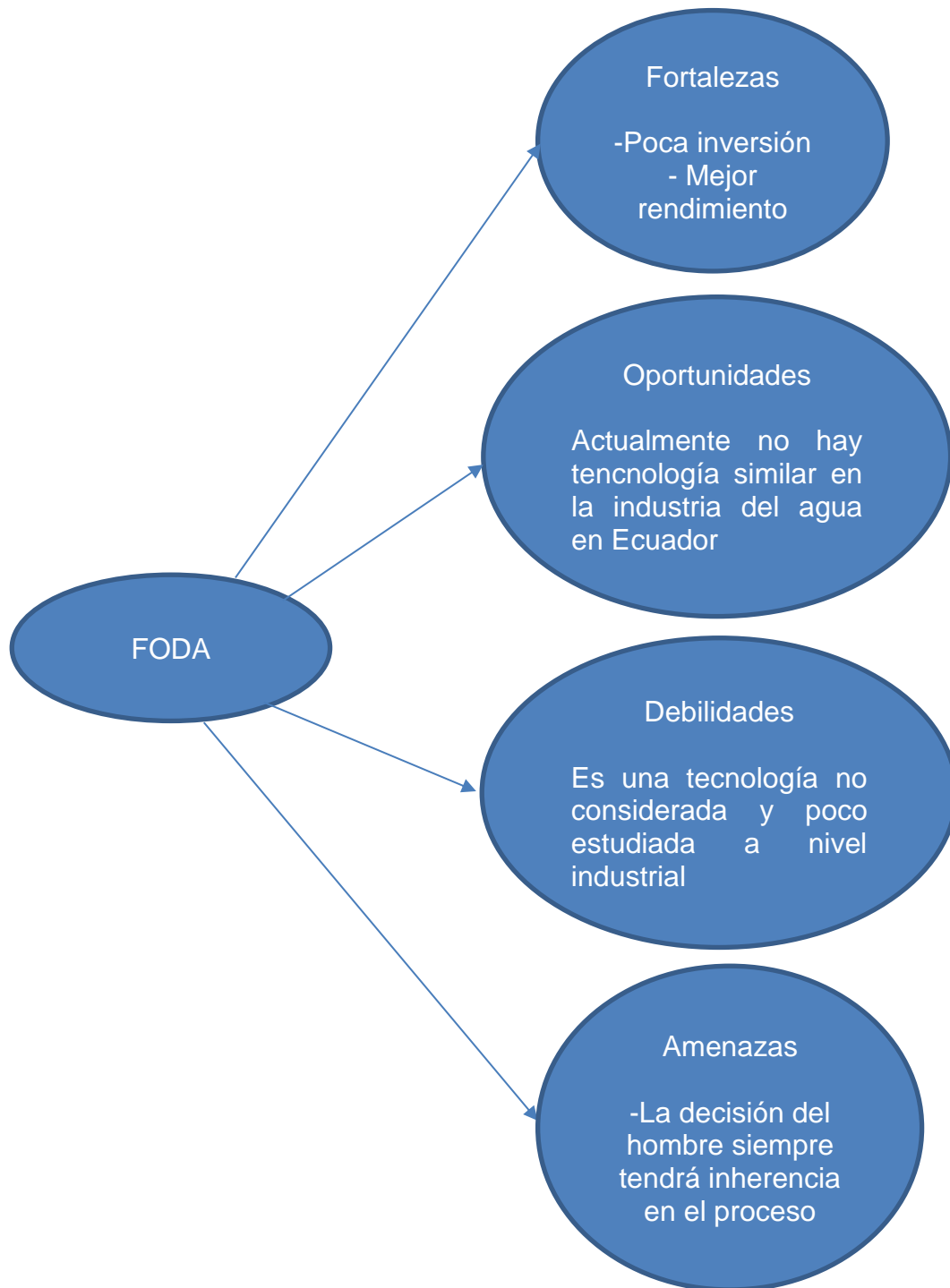
**Ilustración 2.5 Desinfección de Agua**

Fuente: (Proceso de desinfección 2017, párr. 1)

## Capítulo 3: Análisis del sistema de filtrado de agua

### 3.1. Consideraciones Iniciales

Al inicio de todo proyecto, sea empresarial, de investigación, artículo, etc. Es necesario tomar consideraciones relevantes, para se hará uso de una herramienta funcional como es el análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades, amenazas).



### 3.1.1. Diagrama del Funcionamiento del Proceso

Un diagrama de flujo es la mejor manera de representar cualquier proceso, en este caso se presenta el diagrama del proceso estudiado en esta tesis, tomando en cuenta como criterio particular el filtrado. Hace referencia al proceso que hace el tanque con todos sus actuadores desde que llega el agua, hasta su posterior drenado.

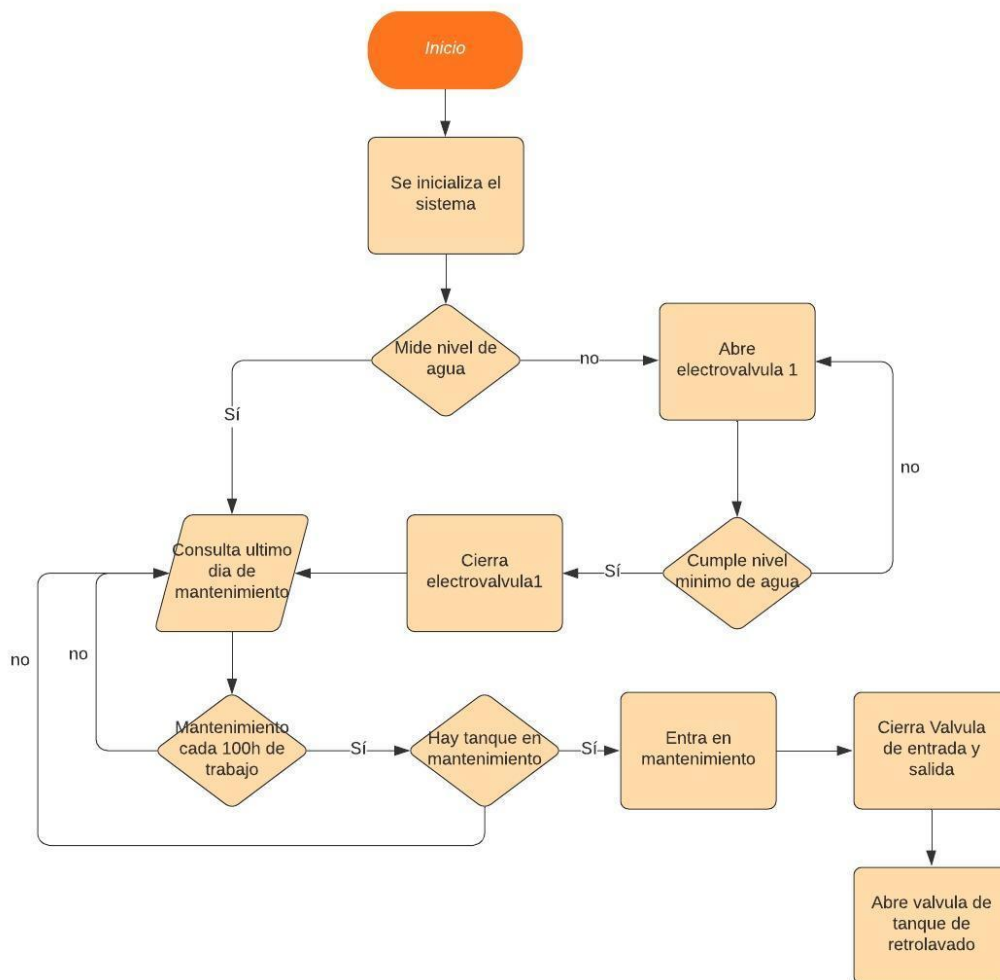


Ilustración 2.6 Diagrama de Flujo de Proceso de filtrado

Fuente: El Autor



### **3.1.1.1. Funcionamiento del Tanque**

El proceso de filtrado se lleva a cabo mediante un proceso llamado “filtrado lento”, esto se usa para diferenciar al filtrado bajo presión con el de gravedad, este último siendo usado en este proyecto. El filtrado a gravedad es aquel donde el agua cae por únicamente la fuerza de gravedad sin otro impulso anexo, pasando el agua por las diferentes capas de materiales filtradores presentes en el tanque.

Al filtrado por gravedad se lo cataloga como filtrado lento debido a que el tiempo que tarda el agua en pasar por todas las capas lleva un tiempo prolongado, lo que no pasa con el proceso bajo presión o rápido, pero siendo por gravedad más efectivo a cuanto a medidas de filtrado, en este caso turbiedad.

El agua será vertida por una tubería superior y recorrerá las capas de filtrado en un tiempo que desde dos a seis horas aproximadamente, siendo recogida por una tubería inferior para ser analizada según los estándares de calidad.

### **3.1.1.2. Funcionamiento del Sistema Multiagentes**

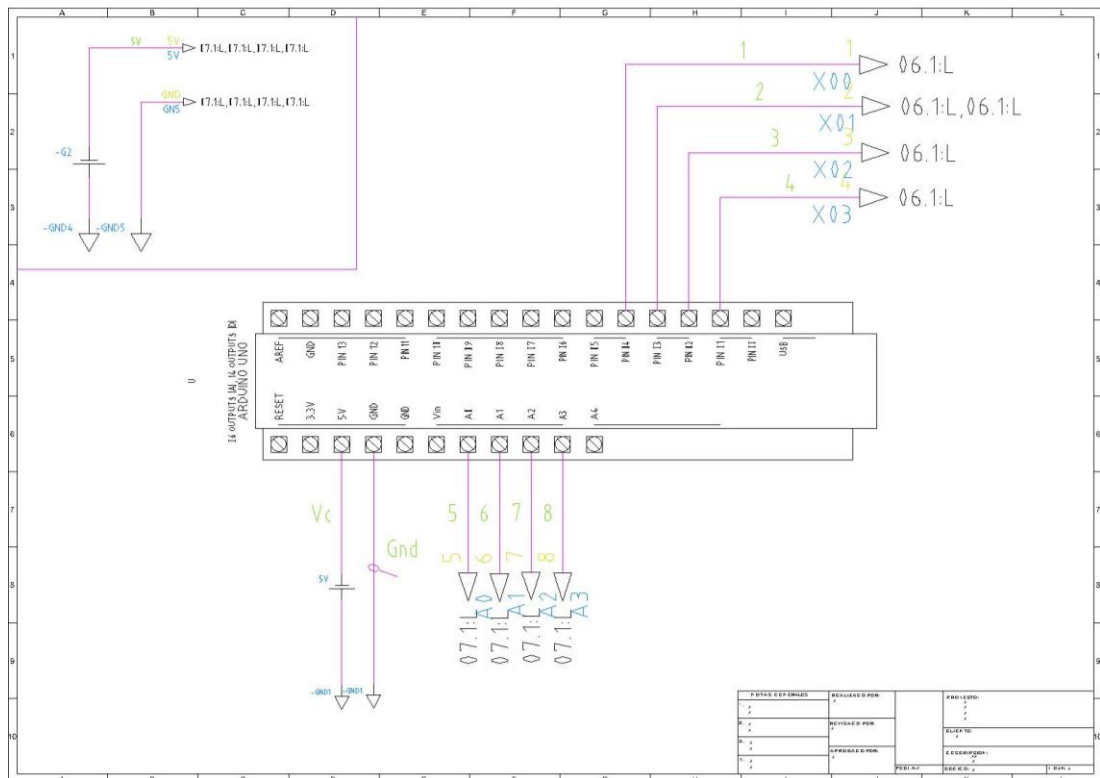
Se necesita controlar y guardar para posterior retroalimentación lo siguiente:

- Medición de nivel en el tanque
- Presión de válvulas de drenaje
- Presión de válvulas de lavado
- Medición de fugas
- Medición de funcionamiento energético (arranque/paro)
- Medición de tiempos de mantenimiento

De esta manera el funcionamiento de supervisión del tanque queda cubierto y retroalimentado en futuras tomas de decisiones por un sistema Multiagentes acoplado a la infraestructura analizada.

### 3.1.2. Descripción del Sistema

En la figura 3.1 se muestran las conexiones del agente controlador en el proceso de filtrado, dando a detalle sus entradas analógicas y digitales. El controlador es un Arduino Uno (usado debido al escalado de la planta) con entrada de 5V AC para su correcto funcionamiento.

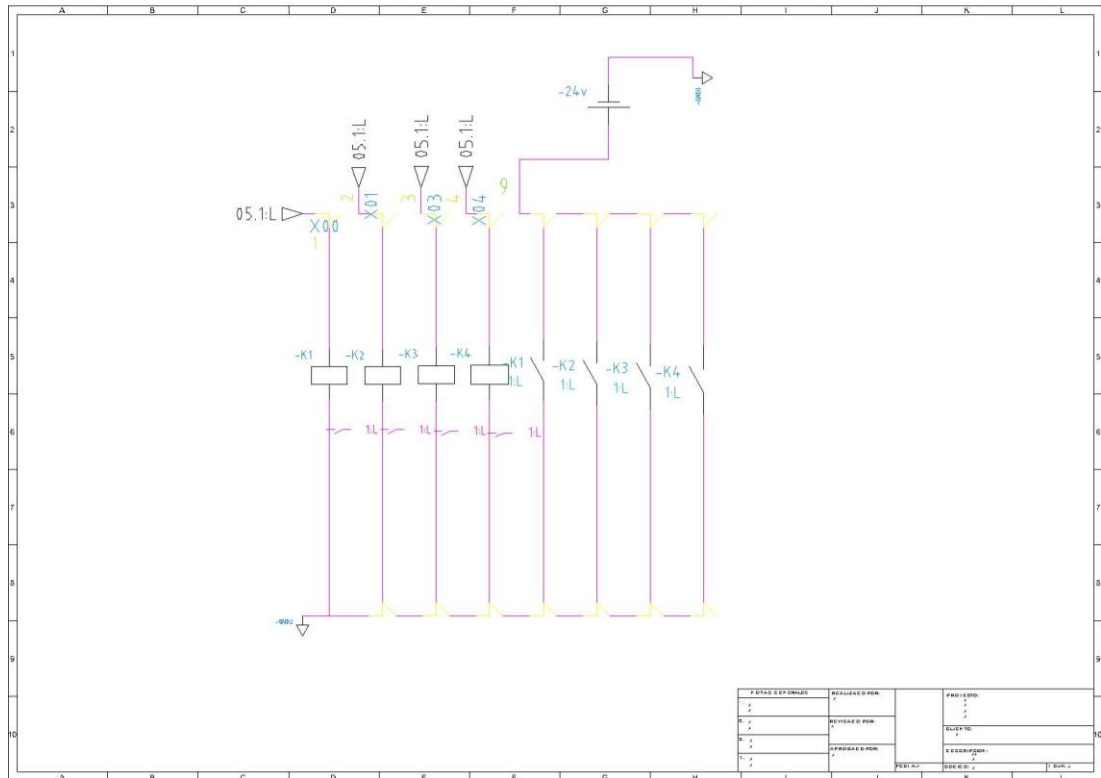


**Ilustración 3.1 Conexión de sensores a la tarjeta de control Arduino**

**Uno**

Fuente: El autor

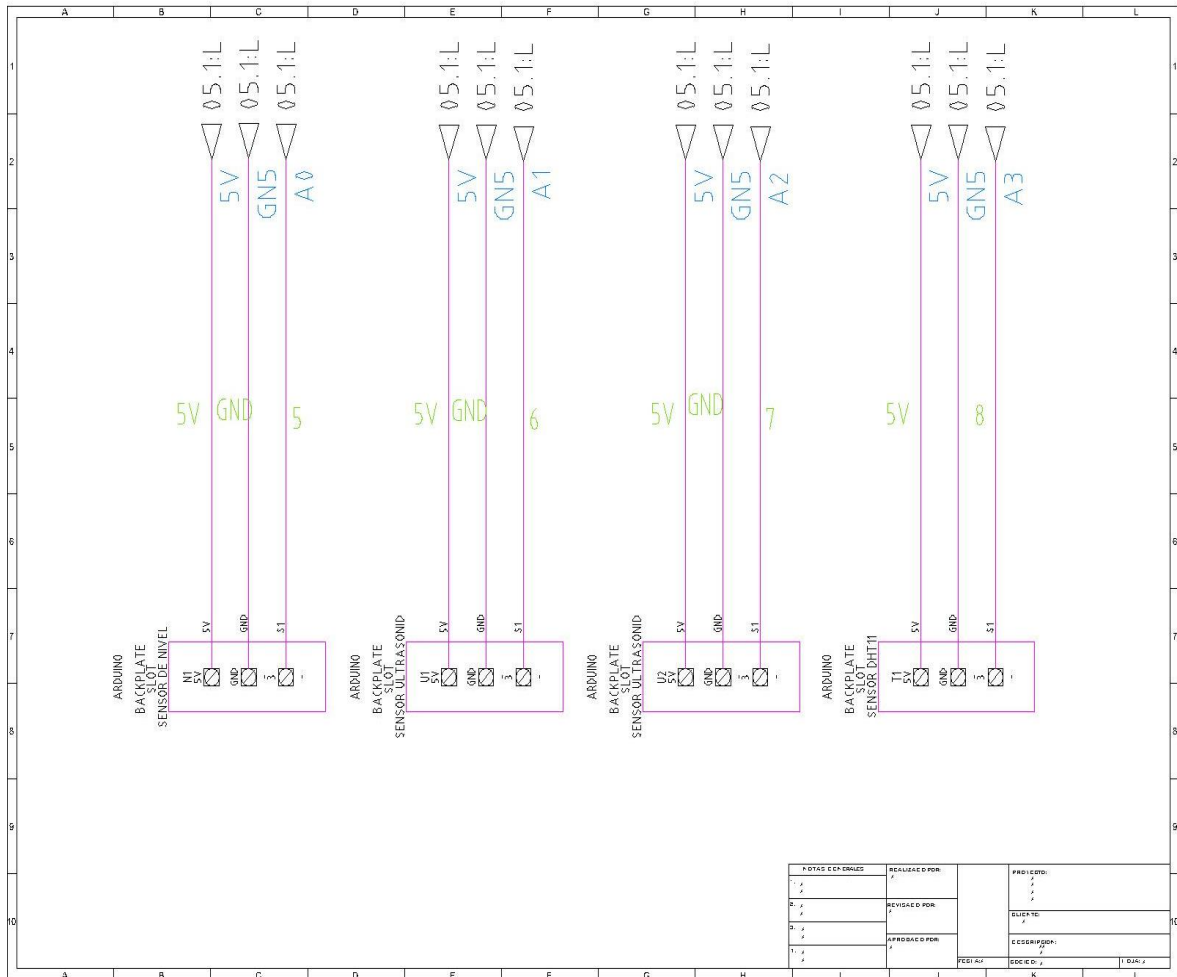
La figura 3.2 representa el circuito eléctrico de control de las electroválvulas usadas para el lavado, drenaje y abastecimiento del tanque. La composición está dada por cuatro relés con sus respectivos contactos y la línea de fuerza, esta misma abastecida con 120V AC y con sus conectores de datos enlazados con el agente controlador.



**Ilustración 3.2 Conexiones de relés de electroválvulas a tarjeta arduino y contactores a línea de fuerza 120V AC.**

Fuente: El Autor

La figura 3.3 hace referencia a la conexión exacta de los agentes captadores conectados al controlador, en los cuales tenemos sensores de ultrasonido, nivel y un sensor DHT (temperatura y humedad); habiendo dos sensores de ultrasonido para controlar datos superiores e inferiores de litraje del tanque.



**Ilustración 3.3 Conexión de sensores a tarjeta Arduino**

Fuente: El Autor

La tabla de nomenclaturas visualizada en la figura 3.4 hallamos el significado de las siglas usadas en los mapeados eléctricos, dando una extensa orientación para el seguimiento efectivo de los planos; mostrando información que va desde la ubicación de cada elemento en planos como su simbología.

TABLA DE NOMENCLATURAS		
NOMENCLATURA	DESCRIPCIÓN	UBICACIÓN
V1	ELECTROVALVULA Ø 1"	PLANO 01
V2	ELECTROVALVULA Ø 1"	PLANO 01
V3	ELECTROVALVULA Ø 1"	PLANO 01
V4	VALVULA Ø 1"(SALIDA DE EMERGENCIA)	PLANO 01
V5	VALVULA Ø 1"(SALIDA DE EMERGENCIA)	PLANO 01
V6	VALVULA Ø 1"(SALIDA DE EMERGENCIA)	PLANO 01
V7	VALVULA Ø 1"(SALIDA DE EMERGENCIA)	PLANO 01
U1	SENSOR ULTRASONIDO 1	PLANO 01
U2	SENSOR ULTRASONIDO 2	PLANO 01
T1	SENSOR DTH11	PLANO 01
N1	SENSOR DE NIVEL	PLANO 01
K1	RELE 1	PLANO 06
K2	RELE 2	PLANO 06
K3	RELE 3	PLANO 06
K4	RELE 4	PLANO 06
U	ARDUINO UNO	PLANO 05

PROYECTO:	PROYECTO:	PROYECTO:
FECHA:	FECHA:	FECHA:
ELABORADO POR:	ELABORADO POR:	ELABORADO POR:
REVISADO POR:	REVISADO POR:	REVISADO POR:
APROBADO POR:	APROBADO POR:	APROBADO POR:
FECHA:	FECHA:	FECHA:
ELABORADO POR:	ELABORADO POR:	ELABORADO POR:
REVISADO POR:	REVISADO POR:	REVISADO POR:
APROBADO POR:	APROBADO POR:	APROBADO POR:
FECHA:	FECHA:	FECHA:

**Ilustración 3.4** Tabla de Nomenclatura  
Fuente: El Autor

### 3.1.3. Características del Sistema

El sistema a desarrollar viene dado por los materiales a continuación, tomando en cuenta las gamas altas y originales de los mismo, no obstante, se pueden reducir los precios mediante replicas aprobadas o tecnología equivalente.

- **Arduino Uno R3 original**

El Arduino Uno R3 original es la más popular y documentada tarjeta en la gama Arduino. Es ideal para iniciarse en la programación de microcontroladores.



**Ilustración 3.5 Placa Arduino**

Fuente: (Arduino Uno Original Anónimo, 2020, párr. 1  
<http://www.geekfactory.mx/tienda/arduino/arduino-uno-r3-original/>)

La tarjeta **Arduino Uno R3 original** es la idónea para comenzar de la electrónica y programación. Si se trata de tu primera experiencia en la plataforma Arduino, esta tarjeta es la más robusta con la que puedes comenzar a experimentar sin preocupación de dañarla y es la que cuenta con más documentación de toda la familia de productos Arduino.

La gran ventaja es que si por alguna razón el microcontrolador interno del Arduino se avería, solo basta con cambiar este chip afectado (este puede desmontarse sin herramientas especiales) y puedes continuar utilizando la

placa. En el peor de los casos solamente se perderán unos cuantos pesos, por lo que puedes experimentar con mayor tranquilidad.

El Arduino Uno R3 está basado en el microcontrolador ATMEGA328P con 14 pines de entrada / salida (de los cuales 6 pueden usarse como salida PWM), 6 pines analógicos, un cristal de 16 MHz, una conexión USB, jack de alimentación, conector ISP y botón de reset. La tarjeta está capacitada para hacer funcionar y entrar en trabajo al chip controlador, solo se necesita una PC y conectarlo mediante cable USB, además de usar un convertidor AC-DC como último paso.

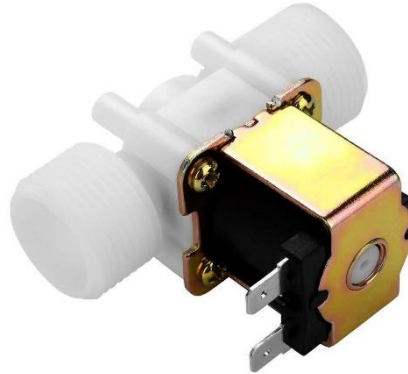
La tarjeta Arduino Uno R3 ha sido a lo largo de los años una referencia directa para el mundo de las tarjetas controladoras, por lo que no es de sorprender la cantidad de similitudes de estas con la tarjeta Arduino.

(Anónimo, 2020, párr. 1, 2, 3)

#### **Características de Arduino Uno R3 original:**

- Basado en el microcontrolador ATMEGA328.
- Rango de alimentación recomendado: 7 a 12 volts.
- Rango de alimentación absoluto: 6 a 20 volts.
- 14 entradas/salidas digitales.
- 6 canales de PWM.
- 6 entradas analógicas.
- Corriente máxima de salida en pines de IO: 20 mA.
- Corriente de salida en el pin de 3.3 volts: 50 mA.
- 32 KB de memoria Flash para programas.
- 2 KB de memoria RAM.
- 1 KB de EEPROM.
- Frecuencia de reloj de 16 MHz.
- Led multipropósito en pin 13.

- **Electroválvula servocomandada 2/2 vías, g 1/4" ÷ g 1"**



**Ilustración 3.6 Electroválvula Servocomandada**

Fuente: (Valvula Anonimo, 2020c, párr. 1)

#### **Datos Técnicos**

- **Fluidos:** agua, aceite, aire
- **Temperatura del fluido:** -10°C ÷ +90°C
- **Temperatura ambiente:** -10°C ÷ +50°C
- **Material del cuerpo:** latón (CW617N eN 12165)
- **Material del piloto:** acero inoxidable
- **Material del cierre piloto:** NBR
- **Material de la membrana:** NBR
- **Potencia de la bobina:** CC 10Va (servicio), CC 16Va (punta), CC 7w
- **Grado de protección:** Ip 65 (con conector)



### - **HC-SR04 sensor de distancia ultrasónico**

El HC-SR04 es un dispositivo de sensado por ondas ultrasónicas para controladores de 5V, que en su gran mayoría de marcas PIC o Arduino



**Ilustración 3.7 Sensor Ultrasónico**

Fuente: (Anonimo, 2020, párr. 1, <http://www.geekfactory.mx/tienda/sensores/hc-sr04-sensor-de-distancia-ultrasonico/>)

Este sensor es una buena opción para el desarrollo de cualquier proyecto de baja escala debido a su buena relación costo/beneficio y su fácil utilización, que es altamente compatible con un con la tarjeta Arduino o cualquier microcontrolador a 5V. Su tecnología es eficiente, de los sensores de posición o distancia es uno de los mejores del mercado, ya que tiene una precisión adecuada y la arquitectura es sencilla, básicamente su placa PCB es la que hace todo el trabajo

(Anónimo, 2020, párr. 1, 2)

Características del HC-SR04 Sensor de distancia ultrasónico:

- Alimentación de 5 volts
- Interfaz: 4 hilos Vcc, Trigger, Echo, GND
- Rango de medición: 2 cm a 400 cm
- Corriente de alimentación: 15 mA
- Frecuencia del pulso: 40 KHz

- Apertura del pulso ultrasónico: 15°
- Señal de disparo: 10uS
- Dimensiones del módulo: 45x20x15 mm.

- **Módulo Sensor de Temperatura y Humedad DHT11**

El DHT11 es un dispositivo fiable en cuanto a durabilidad, este te proporciona trabajo largos períodos continuos, una buena oportunidad de proyectos duraderos.



**Ilustración 3.8 Sensor DH11**

Fuente: (Anonimo, 2020, párr. 1,

<http://www.geekfactory.mx/tienda/sensores/modulo-sensor-de-temperatura-humedad-dht11/>)

El sensor que se está presentando posee todas las características de un DH11 original o de otras versiones, por lo cual no se tendrá mayores dificultades al trabajarlo. Es el sensor indicado para trabajos de supervisión por la inclusión de alarmas, luces ente otras funciones interactivas con el usuario, sin necesidad de agregar dispositivos externos. En cuanto a su capacidad de sensado hay que recalcar que su interacción al “mojado” es de gran sensibilidad, siendo uno sensor muy potente de 8 bits.

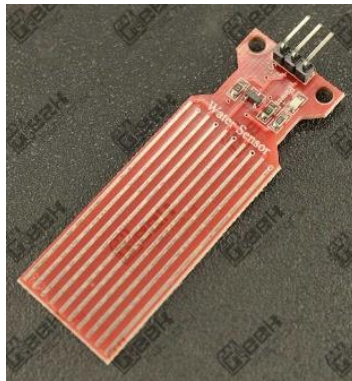
(Anónimo, 2020, parís. 1, 2, 3)

## **Características principales del sensor DH11**

- Módulo Sensor de Temperatura y Humedad DHT11 especificaciones:
- Material: DHT11 Plástico + PCB + Dupont
- Detectar la humedad y la temperatura ambiente
- Rango de humedad de detección: 20% ~ 95% + / - 5%
- Rango de detección de temperatura: de 0 ° C ~ 50'C + / - 2'C
- Voltaje de funcionamiento: 3.3V ~ 5V
- Tipo de salida: Salida digital
- Con indicador de encendido (rojo)
- 3 pines
- VCC: Externa 3.3V ~ 5V
- GND: Externa GND
- DO: Pequeño puerto conmutador tarjeta digital de salida, conectado al microcontrolador IO puerto
- Dimensiones: 1,50 x 0,55 en x0,28 en (3,8 cm x 1,4 cm x 0,7 cm)
- Peso: 0,18 oz (5 g)

### **- Sensor de Agua Analógico Arduino**

Este Sensor de Agua Arduino cuenta con alto poder de reconocimiento de nivel de agua gracias a su diseño expuesto de alambres, para poder determinar de mejor manera el nivel de agua que haga contacto con su superficie y emitir una señal análoga a su salida.



### **Ilustración 3.9 Sensor de Agua**

Fuente:(Anónimo, 2020, párr. 1, <https://www.geekfactory.mx/tienda/sensores/sensor-de-agua-analogico/>)

El dispositivo a continuación es capaz de trabajar rápidamente y eficaz por la arquitectura y diseño ejecutado y empleado en el mismo, siendo esta de circuitos expuestos para la detección inmediata de agua fluyendo o cayendo en él.

Este sensor es del tipo analógico por lo que envía este tipo de señales a la tarjeta controladora Arduino para su posterior captación y decodificación, siendo este aparato electrónico ideal para acompañarlo de otros con funciones de aviso o alarma, sean de sonido, luces o ambas, ya que el sensado es inmediato.

(Anónimo, 2020, párrs. 1, 2, 3)

#### **Características:**

- Voltaje de Operación: 3.3 a 5.5 V
- Corriente de Operación: Menor a 20 mA

## Capítulo 4: Análisis Económico

El análisis económico es una herramienta o paso necesario para el desarrollo de cualquier proyecto, ya sea tecnológico, ambiental, político, etc. Plasmando de manera específica los valores que se necesitan para el completo levantamiento físico del proyecto en cuestión; en resumen, el capital a necesitar por el desarrollador del proyecto.

### 4.1. Infraestructura a Escala de un Proceso de Filtrado de Agua

**Tabla 2.3 Análisis Económico**

<b>Dispositivos</b>	<b>Gama Alta</b>	<b>Gama Baja</b>
Arduino	\$34.99	\$15.00
Electroválvula	\$9.95	\$9.95
Sensor Ultrasónico	\$19.00	\$2.50
Sensor de Humedad y Temperatura	\$8.00	\$2.00
Sensor de Agua	\$5.98	\$2.25
<b>TOTAL</b>	<b>\$77.92</b>	<b>\$31.95</b>

Fuente: El Autor

En la tabla 2.3 mostrada anteriormente se representa una comparativa de precios según la gama de los dispositivos, la cual muestra una diferencia visible, pero, la elección depende del propósito del proyecto, ya que, los resultados serán muy cercanos en cuanto a precisión, pero la calidad, tiempo de vida útil, robustez, serán lo que determine la elección. Es recomendable que para proyectos a corto plazo usar la gama baja, por su relación factible costo/beneficio, no obstante, la gama alta para periodos prolongados de uso o proyectos mas robustos, esta gama será la indicada para un proyecto de calidad y duradero.

**Tabla 2.4 Costos Directos a Nivel Industrial**

<b>Costos a Nivel Industrial</b>	
Controlador	\$505.00
Electroválvulas	\$45.00
Sensores de Nivel	\$34.00
Sensor de humedad y temperatura	\$40.00
Sensor de agua	\$24.00
<b>TOTAL</b>	<b>\$648.00</b>

**Fuente:** El Autor

La tabla 2.4 representa la inversión de estos equipos para una industria que tenga como materia prima el agua. Esta cotización viene dada por equipos usuales o más utilizados para proyectos industriales, lo cual nos dice que tendremos un alto porcentaje de aceptación de estos; cabe mencionar que los precios pueden variar, siendo esta tabla una aproximación real de los gastos de inversión, pero no exacta, ya que, dependiendo de marcas y modelos, el precio subirá o bajará de ser el caso.

## **Conclusiones**

En Ecuador, concretamente en la región costa se encuentran empresas productoras de agua potable, las cuales mediante investigación se reportan tecnologías totalmente mecánicas, es decir, actualmente es inferior a la presentada en este proyecto, por lo cual, se concluye que el Ecuador es idóneo para su implementación, a su vez que se puede observar que el ahorro es tanto en materia prima (agua), como también en energía y personal, sin menospreciar el alto índice de producción que se alcanzaría. Con lo cual se obtuvo una estrategia de supervisión adecuada garantizando la optimización en el proceso de filtrado de la planta, consiguiendo un diseño eléctrico basado en variables específicas del proyecto utilizando una arquitectura a escala, alcanzando un significativo ahorro en costos directos en escenarios de nivel de modelaje como a nivel industrial.

## **Recomendaciones**

El beneficio mostrado y analizado es visible utilizándolo en el proceso de filtrado, pero este sistema daría más oportunidades de crecimiento económico implementándose en los demás procesos de producción de agua, como lo son la captación, coagulación, sedimentación y desinfección. Es importante también recalcar que las debilidades y amenazas del proyecto ya detalladas en el análisis FODA, se solucionarían con una mayor investigación de la tecnología inteligente para distintos ámbitos industriales, si bien la mano del hombre siempre tendrá injerencia, el profundizar en este tipo de investigación potencializaría la autonomía correcta de los controles inteligentes, dejando al trabajador más compenetrado con la producción no teniendo que ejecutar el rol de supervisión, lo cual lo distrae en las funciones principales asignadas.



## Bibliografía

- Aguilar, J., Ríos Bolívar, A., Hidrobo, F., & Cerrada, M. (2013). *Sistemas Multiagentes y sus Aplicaciones en Automatización Industrial* (Segunda Edición).
- Anónimo. (2020a). Arduino UNO R3 Comprar en México con Distribuidor Autorizado. *Geek Factory*.  
<http://www.geekfactory.mx/tienda/arduino/arduino-uno-r3-original/>
- Anónimo. (2020b). HC-SR04 sensor de distancia ultrasónico. *Geek Factory*.  
<http://www.geekfactory.mx/tienda/sensores/hc-sr04-sensor-de-distancia-ultrasonico/>
- Anónimo. (2020c). *M&M Ibérica*. <http://www.mmiberica.com/>
- Anónimo. (2020d). Módulo Sensor de Temperatura y Humedad DHT11. *Geek Factory*. <http://www.geekfactory.mx/tienda/sensores/modulo-sensor-de-temperatura-humedad-dht11/>
- Anónimo. (2020e). Sensor de Agua Analógico Arduino. *Geek Factory*.  
<https://www.geekfactory.mx/tienda/sensores/sensor-de-agua-analogico/>
- Cinjordiz, C. (2015, agosto 12). Arduino Uno R3, tutorial especificaciones electrónicas y programación. *infootec.net*.  
<https://www.infootec.net/arduino/>
- Fases del agua en una planta potabilizadora*. (2017). EADIC - Cursos y Máster para Ingenieros y Arquitectos. <https://www.eadic.com/fases-del-agua-en-una-planta-potabilizadora/>

Filtros de Agua de Carbón Activo. (s/f). *CARBONACTIVO.NET*. Recuperado el 28 de junio de 2020, de <http://www.carbonactivo.net/filtros-agua-carbon-activo/>

¿Qué es la desinfección del agua? (2020). <https://www.lenntech.es/procesos/desinfeccion/que-es-desinfeccion.htm>

quimsaitw. (2017, marzo 17). Cómo desinfectar aguas y eliminar bacterias de forma industrial. *Quimsa ITW*. <https://www.quimsaitw.com/desinfectar-aguas-eliminar-bacterias-industrial/>

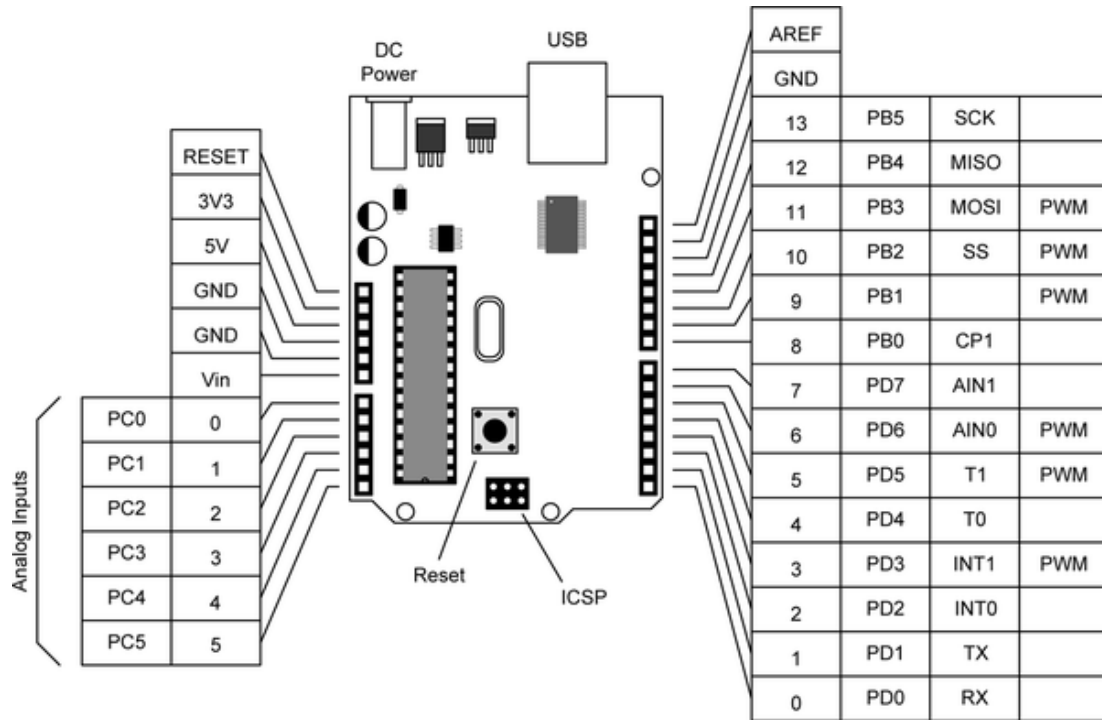
¡Sedimentación | SSWM - Find tools for sustainable sanitation and water management! (2020). <https://sswm.info/es/gass-perspective-es/tecnologias-de-agua-y-saneamiento/tecnologias-de-abastecimiento-de-agua/sedimentaci%C3%B3n->

Silva, M. (2002). *Las redes de Petri: En la automática y la informática*. Editorial AC.

SpaceRobotics.eu. (2020). Modelos a Escala [Blog]. *Modelos a escala*. <https://www.spacerobotics.eu/modelos-a-escala/>

Zapata, G. (2002). *ESTRUCTURAS GENERALIZADAS PARA CONTROLADORES LÓGICOS MODELADAS MEDIANTE REDES DE PETRI*. 11.

## Anexos



**Ilustración 5.0 Datasheet de Arduino Uno**

Fuente: (Cinjordiz, 2015, párr. 2, <https://www.infootec.net/arduino/>)



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



SENESCYT

Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

## DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Yo, **Toledo Villamar, Javier Joel** con C.C: # **094109700-8** autor del Trabajo de Titulación: **Análisis de una arquitectura a escala para el uso de inteligencia artificial de un proceso de filtrado de agua** previo a la obtención del título de **INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 14 de septiembre del 2020

f. \_\_\_\_\_

**Toledo Villamar, Javier Joel**

**C.C: 094109700-8**



Presidencia  
de la República  
del Ecuador



Plan Nacional  
de Ciencia, Tecnología,  
Innovación y Saberes



SENESCYT  
Secretaría Nacional de Educación Superior,  
Ciencia, Tecnología e Innovación

## **REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

### **FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN**

<b>TÍTULO Y SUBTÍTULO:</b>	Análisis de una arquitectura a escala para el uso de inteligencia artificial de un proceso de filtrado de agua		
<b>AUTOR(ES)</b>	Toledo Villamar, Javier Joel		
<b>REVISOR(ES)/TUTOR(ES)</b>	Mgs. Alvarado Bustamante, Jimmy Salvador		
<b>INSTITUCIÓN:</b>	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
<b>FACULTAD:</b>	Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo		
<b>CARRERA:</b>	Ingeniería Electrónica en Control y Automatismo		
<b>TÍTULO OBTENIDO:</b>	Ingeniero Electrónico en Control y Automatismo		
<b>FECHA DE PUBLICACIÓN:</b>	14 de septiembre del 2020	<b>No. DE PÁGINAS:</b>	50
<b>ÁREAS TEMÁTICAS:</b>	Teoría de Control, Controles Electrónicos y Control de Movimiento		
<b>PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:</b>	AHORRO, AUTONOMÍA, CONTROL, SUPERVISIÓN, INDUSTRIA, AGENTES		

#### **RESUMEN/ABSTRACT (150-250 palabras):**

La tecnología inteligente dada por los sistemas multiagentes tiene la capacidad de optimizar los procesos supervisorios debido a la autonomía de los agentes controladores incluidos, mediante las oportunidades de monitoreo que ofrecen programándolos a medida con lo que necesita la empresa en particular, usando herramientas adecuadas como las redes de Petri y los lenguajes de programación de agentes; adecuando esta tecnología en una estructura idónea para la misma, con un modelado a escala para facilitar la visualización del proceso en su totalidad. Todo esto tendiendo al alza los beneficios económicos de la planta reflejándose en ahorros de gastos en materia prima, mayores ingresos de producción y menos personal para puestos muy básicos en el proceso industrial; contribuyendo incluso al impacto ambiental y a la fomentación de sistemas multiagentes a las demás ramas de la industrial del agua y otros procesos de producción, tomando en cuenta el Ecuador como sitio propicio para su implementación.

<b>ADJUNTO PDF:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
<b>CONTACTO CON AUTOR/ES:</b>	<b>Teléfono:</b> +593 93 965 9365	E-mail: <a href="mailto:javiertoledo-96@hotmail.com">javiertoledo-96@hotmail.com</a>
<b>CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN: COORDINADOR DEL PROCESO DE UTE</b>	<b>Nombre:</b> Palacios Meléndez, Edwin Fernando	
	<b>Teléfono:</b> +593-9-67608298	
	<b>E-mail:</b> <a href="mailto:edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec">edwin.palacios@cu.ucsg.edu.ec</a>	

#### **SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA**

<b>Nº. DE REGISTRO (en base a datos):</b>	
<b>Nº. DE CLASIFICACIÓN:</b>	
<b>DIRECCIÓN URL (tesis en la web):</b>	