

**UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**



**FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL,
SISTEMAS E INFORMÁTICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
INDUSTRIAL**

**EL DOSIFICADOR QUÍMICO Y LA MEJORA DEL
TRATAMIENTO DE EFLUENTES EN EL ÁREA
P.A.M.A. DE LA EMPRESA PROTEICOS
CONCENTRADOS S.A.C.- PISCO-PERÚ**

TESIS:

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO
INDUSTRIAL**

AUTOR:

Bach. DUSTIN CLARK MONTERO PUQUIO

ASESOR:

**Mg. VÍCTOR LUIS SILVA TOLEDO
Registro CIP 26724**

**HUACHO – PERÚ
2019**

ASESOR Y MIEMBROS DEL JURADO

Ing. JULIO FABIAN AMADO SOTELO
PRESIDENTE
Reg. C.I.P. N° 29665

Ing. VICTOR FREDY ESPEZUA SERRANO
SECRETARIO
Reg. C.I.P. N° 27076

Ing. ERLO WILFREDO LINO ESCOBAR
VOCAL
Reg. C.I.P. N° 31652

Ing. VICTOR LUIS SILVA TOLEDO
ASESOR
Reg. C.I.P. N° 26724

DEDICATORIA

Dedico de manera especial a mis padres Julio Montero y María Puquio quienes siempre me brindan todo su apoyo, comprensión y ánimos para poder crecer y enfrentarme a la vida con éxito.

También agradezco a mi pareja Angela Kanashiro Portella y a mis hermanos por enseñarme todo lo que pudieron y brindarme todo el amor que uno necesita para ser feliz.

Gracias Dios por la maravillosa vida que me has dado, no te defraudaré y seguiré siendo siempre la buena persona que me considero.

El autor

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a mi alma mater “Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión”, por brindarme todos los conocimientos y aceptarme 5 años dentro de ella.

Mi agradecimiento también a mi asesor de tesis el Ing. Víctor Luis Silva Toledo por haberme brindado la oportunidad de recurrir a sus capacidades y su conocimiento, demostrándome su apoyo incondicional y comprensión.

Agradezco también a la empresa Proteicos Concentrados S.A.C. por formar parte de mi crecimiento profesional y confiar en mí para realizar las labores que me encomendaron a mi corta edad.

El autor

ÍNDICE

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
REUMEN	xi
PRESENTACIÓN	xii
INTRODUCCIÓN.....	xiv
1. CAPÍTULO I: Planteamiento del problema	1
1.1 Descripción de la realidad problemática	1
1.2 Formulación del problema	2
1.2.1 Problema general.....	3
1.2.2 Problemas específicos	3
1.3 Objetivos de la investigación	3
1.3.1 Objetivo general.....	4
1.3.2 Objetivos específicos.....	4
1.4 Justificación de la investigación.....	4
1.5 Delimitación de la investigación.....	5
1.5.1 Delimitación Espacial	5
1.5.2 Delimitación Temporal	5
1.6 Variabilidad de la Investigación.....	5
1.6.1 Viabilidad Técnica	5
1.6.2 Viabilidad Financiera	6
1.6.3 Viabilidad Operativa	6
2. CAPÍTULO II: Marco teórico	7
2.1 Antecedentes de la investigación	7
2.2 Antecedentes de la Empresa.....	16
2.2.1 Reseña histórica.....	16
2.2.2 Datos generales de la empresa	17

2.2.2.1	Descripción de los productos principales.....	17
2.2.2.2	Descripción De Maquinarias y Equipos.....	19
2.2.3	Misión.....	31
2.2.4	Visión.....	32
2.2.5	Estructura organizacional.....	33
2.2.6	Proceso Productivo.....	34
2.2.6.1	Diagrama de procesos:.....	36
2.2.6.2	Balace de masa:.....	37
2.3	Bases teóricas.....	38
2.3.1	Dosificador Químico.....	38
2.3.1.1	Coagulación.....	39
2.3.1.2	Floculación.....	43
2.3.1.3	Dosificador químico y sus tratamientos físico-químicos.....	48
2.3.2	Tratamientos de Efluentes.....	57
2.3.2.1	Flotación por Aire Disuelto (D.A.F.).....	58
2.3.2.2	Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.....	60
2.4	Definiciones conceptuales.....	65
2.5	Formulación de hipótesis.....	67
2.5.1	Hipótesis Principal.....	68
2.5.2	Hipótesis específicas.....	68
3.	CAPÍTULO III: Metodología.....	69
3.1	Diseño.....	69
3.2	Tipo.....	69
3.3	Enfoque.....	70
3.4	Población y muestra.....	70
3.4.1	Población.....	70
3.4.2	Muestra.....	70

3.5	Técnicas e instrumentos	71
3.5.1	Técnicas.....	71
3.5.2	Instrumentos	72
3.5.3	Técnicas de procesamiento de la información	72
3.5.4	Prueba de la proporción de una población	73
4.	CAPÍTULO IV: RESULTADOS	75
4.1	Proceso de desarrollo.	75
4.1.1	Determinación del campo de acción	75
4.1.2	Descripción del proceso a mejorar	76
4.2	Etapas de desarrollo	78
4.3	Etapas de implementación	86
4.2	Análisis de Resultados	89
4.2.1	Resultados del efluente industrial	89
4.2.2	Resultados de encuestas	91
4.2.2.1	Instalaciones actuales	91
4.2.2.2	Propuesta antes de prueba	92
4.2.2.3	Propuesta después de prueba	94
4.3	Contrastación de la hipótesis	96
4.3.1	Hipótesis N° 01	97
4.3.2	Hipótesis N° 02	98
4.3.3	Hipótesis N° 03	98
5.	CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	100
5.1	Conclusiones	100
5.2	Recomendaciones	100
6.	CAPÍTULO VI: Fuentes de información	101
6.1	Referencia Bibliográfica	101
6.2	Referencias Electrónicas	102

ANEXOS	104
--------------	-----

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Molino deshuesadora de pescado	20
Figura 2: Tanques de hidrolizado	20
Figura 3: Centrifuga 810	21
Figura 4: Decanter 934	22
Figura 5: Membranas de ultrafiltración	23
Figura 6: Membranas de nanofiltración	24
Figura 7: Membranas OR	25
Figura 8: Evaporador de 2 fases	26
Figura 9: Spray dryer horizontal INOXE	27
Figura 10: Spray dryer vertical NIRO	27
Figura 11: Caldero de 3 pasos	28
Figura 12: Flotación por aire disuelto	29
Figura 13: Trommel.....	30
Figura 14: Skimmer	30
Figura 15: Filtros estáticos	31
Figura 16: Organigrama	33
Figura 17: Diagrama de elaboración de proteína de pescado	36
Figura 18: Balance de masa de producción de proteína de pescado	37
Figura 19: Dosificador químico.....	38
Figura 20: Neutralización	40
Figura 21: Acción del coagulador	43
Figura 22: Acción del floculador.....	48

Figura 23: Características hidrofóbico e hidrofílico.....	50
Figura 24: Compresión de la capa difusiva	53
Figura 25: Adsorción de partículas.....	54
Figura 26: Comportamiento del floculador y coagulador	55
Figura 27: Funcionamiento celdas D.A.F.....	60
Figura 28: Planta de tratamiento de agua residual.....	62
Figura 29: Ranking de las ciudades con menos contaminación 2015	64
Figura 30. Diagrama de Ishikawa DBO y DQO.....	75
Figura 31. Diagrama de Pareto problemática	76
Figura 32: Diagrama actual del área PAMA	79
Figura 33: Coagulante industrial	85
Figura 34: Floculante Industrial	86
Figura 35: Diagrama de propuesta área PAMA.	87
Figura 36: Ubicación de la nueva implementación	88
Figura 37: Muestra de aplicación de polímero	88
Figura 38: Instalaciones actuales sobre el área PAMA.	92
Figura 39: Calificación de propuesta antes de prueba	93
Figura 40: Calificación de instalaciones propuestas	95

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Contenido de FPI-S.....	18
Tabla 2: Contenido FPC-SD	19
Tabla 3: Descripción del efluente industrial actual	79
Tabla 4: Características de la bomba dosificadora de ácido	81
Tabla 5: Características de la bomba dosificadora coagulante	82

Tabla 6: Características de la bomba para TS FLOC	83
Tabla 7: Características de la bomba dosificadora de polímero	83
Tabla 8: Características de la bomba para preparación de solución	84
Tabla 9: Resultados de propuesta de efluente.....	90
Tabla 10: Instalaciones actuales sobre el área PAMA.....	91
Tabla 11: Calificación de propuesta antes de prueba	93
Tabla 12: Calificación de propuesta después de prueba.....	94

El dosificador químico y la mejora del tratamiento de efluentes en el área P.A.M.A. de la empresa Proteicos Concentrados S.A.C.- Pisco – Perú

The chemical doser and the improvement of effluent treatment in the area P.A.M.A. of the company Proteicos Concentrados S.A.C.- Pisco – Peru

Montero Puquio, Dustin Clark¹

RESUMEN

Objetivo: Instalar el dosificador químico que permita la mejora del tratamiento de efluentes en el área PAMA de la empresa Proteicos Concentrados S.A.C. La empresa se vio en la necesidad de mejorar métodos de trabajo, debido a que desde su puesta en marcha no hubo mejoras en la operación. **Métodos:** Para la realización de la investigación se consideró 51 trabajadores para las encuestas; y se trabajó con algunos proveedores las cuales ponían en práctica productos que se necesitaron, considerándose como dimensiones la funcionalidad, eficiencia, usabilidad, viabilidad y optimización de recursos. **Resultados:** Los resultados muestran que la mayoría de los trabajadores están de acuerdo con el sistema propuesto, realizando comparativos de ciertos ejes del área PAMA. **Conclusiones:** Luego de procesar la información, realizamos la prueba de hipótesis, se concluyó que la instalación de un dosificador químico si mejora el tratamiento del efluente de la empresa Proteicos Concentrados, con una reducción de demanda química de oxígeno de 490 mgO₂/l a 320 mgO₂/l y reducción de demanda bioquímica de oxígeno de 204 mgO₂/l a 118 mgO₂/l.

Palabras clave: Implementar, Mejora, Procesos, Preservación.

ABSTRACT

Objective: To install the chemical doser that allows the improvement of the treatment of the affected area PAMA of the company Proteicos Concentrados S.A.C. The company saw the need to improve working methods, due to the fact that its start-up had no improvements in the operation. **Methods:** To carry out the research, 51 workers were taken for the surveys; and worked with some suppliers that put into practice the products that needed it, considering themselves as the dimensions of functionality, efficiency, usability, viability and resource optimization. **Results:** The results show that the majority of workers agree with the proposed system, making comparisons of the PAMA area axes. **Conclusions:** After the information, we carried out the hypothesis test, it was concluded that the installation of a chemical doser improves the treatment of the protein effect. Concentrated proteins, with a reduction of the oxygen chemistry of 490 mgO₂ / 320 mgO₂ / l reduction of the biochemical oxygen demand of 204 mgO₂ / la 118 mgO₂ / l.

Keywords: Implement, Improvement, Processes, Preservation.

¹Escuela profesional de Ingeniería Industrial. Facultad de Ingeniería Industrial, Sistemas e Informática. Universidad Nacional José Faustino Sanchez Carrión. Huacho, Perú

PRESENTACIÓN

Desde hace muchos siglos nuestras generaciones antepasadas nos han podido heredar mucha fortuna cultural, histórica y natural de las cuales nosotros deberíamos tenerlo como prioridad moral preservando el gran tesoro natural que nos concedieron; sin embargo el impulso y egoísmo del hombre no ha sabido manejar y proteger la gran variedad de flora, fauna y en general a la naturaleza.

Cabe mencionar que el crecimiento adecuado del ser humano debe tener como base la enseñanza y práctica de valores como el respeto, la empatía, la responsabilidad, sin embargo, carece de ello y opta por pensar en su prioridad por sobresalir y no desempeña ningún valor hacia la naturaleza con el fin de solo tener provecho y obtener beneficios con la explotación y contaminación de nuestro patrimonio animal-ambiental-vegetal.

En la actualidad la contaminación ambiental es uno de los temas más delicados y a la vez sobresalientes a nivel mundial, ya que en el transcurso del tiempo han venido ocurriendo situaciones que el hombre en su intención de aprovecharse de la rica diversidad que caracteriza a ciertas partes del planeta hemos podido ver de qué manera se han originado grandes cambios en el transcurso de los años y de esta manera ha perjudicado de manera brutal la naturaleza, como por ejemplo; la contaminación continua que las grandes industrias ocasionan en nuestras aguas cálidas teniendo como víctimas un variado grupo de especies marinas.

Es por ello el interés hacia la forma de cómo se descuida el planeta en el aspecto marino-animal. Cabe mencionar que La planta de Protéicos Concentrados S.A.C – Pisco se encuentra en una zona industrial consumista de los recursos hidrobiológicos, donde el consumo y el desecho industrial comienzan y terminan en el mar. Por lo tanto se busca la

manera reducir la contaminación del mar para poder preservar los recursos hidrobiológicos y en tanto no se vean afectados los pobladores de la zona y en general nuestro país.

Después de haber mencionado todo aspecto importante sobre la agresividad del hombre hacia el planeta, se decidió poner énfasis y realizar este proyecto que busca la sostenibilidad y un gran equilibrio planetario mejorando el tratamiento de los efluentes industriales desembocados mar adentro.

INTRODUCCIÓN

La turbiedad y el color del agua son principalmente causados por partículas muy pequeñas, llamadas partículas coloidales. Estas partículas permanecen en suspensión en el agua por tiempo prolongado y pueden atravesar un medio filtrante muy fino. Por otro lado aunque su concentración es muy estable, no presentan la tendencia de aproximarse unas a otras.

Para eliminar estas partículas se recurre a los procesos de coagulación y floculación, la coagulación tiene por objeto desestabilizar las partículas en suspensión, es decir, facilitar su aglomeración. En la práctica este procedimiento es caracterizado por la inyección y dispersión rápida de productos químicos. La floculación tiene por objetivo favorecer con la ayuda de la mezcla lenta el contacto entre las partículas desestabilizadas.

Estas partículas se aglutinan para formar un floc que pueda ser fácilmente eliminado por los procedimientos de decantación y filtración. Es muy importante que los procedimientos de coagulación y floculación sean utilizados correctamente, ya que la producción de un floc muy pequeño o muy ligero produce una decantación insuficiente; mientras que el agua que llega a los filtros contienen una gran cantidad de partículas de floc que rápidamente ensucian los filtros y necesitan lavados frecuentes.

Por otro lado cuando el floc es frágil, este se rompe en pequeñas partículas que pueden atravesar el filtro y cargar de partículas coloides en los efluentes.

1. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción de la realidad problemática

La empresa Proteicos Concentrados S.A.C. – Blue Wave, es una empresa joven con 9 años de en el rubro de hidrobiológico. Hoy más que nunca se habla del cuidado y preservación medioambiental, ya que vemos como nuestro planeta se va deteriorando cada vez más a pasos agigantados. Es por ello; que hoy en día la preservación del medio ambiente es una tarea solidaria que todos los habitantes de este mundo tiene que realizar para vivir en paz y tener calidad de vida.

En el mundo, la falta de plantas de tratamiento para las aguas residuales en las ciudades y en las industrias, hoteles y explotaciones pesqueras, agrícolas y ganaderas, ocasiona grandes desechos de aguas contaminadas que hacen mucho daño al medio ambiente. La mayoría de esas aguas es descargada en los ríos, lagos, mares, en los suelos a cielo abierto o en el subsuelo.

En las últimas décadas el mundo ha venido mostrando preocupación y está tratando de resolver los problemas relacionados con la disposición de los efluentes líquidos provenientes del uso doméstico, comercial e industrial de las aguas de abastecimiento.

La primera prioridad que demanda una comunidad es el suministro del agua, con calidad adecuada y cantidad suficiente. Ya logrado este objetivo, surge otro no menos importante que consiste en la adecuada eliminación de las aguas ya utilizadas que se convierten en potenciales vehículos de muchas enfermedades y trastorno del medioambiente.

En el Perú, la falta de concientización provoca que las empresas y ciudadanos contaminen a diestra y siniestra los recursos naturales. Por lo tanto, la contaminación

del mar, ríos y del medio ambiente en general, no son solo temas técnicos, políticos, legales, económicos, sino también éticos y culturales.

La situación que atraviesa nuestro país es crítica, debido a que la producción de aguas residuales anuales es de 960,5 millones de metros cúbicos y solo el 20,62% son tratadas. Es por ello que La autoridad Nacional de Agua, está tomando cartas en el asunto, realizando fiscalizaciones más periódicas, controlando los vertimientos de cuerpos en el agua.

En la ciudad de Pisco, La mayor actividad económica es la industria pesquera. Por ello, el cuidado de medio ambiente y la preservación de los recursos hidrobiológicos son fundamentales para la sostenibilidad de esta ciudad. No obstante, la calidad del efluente cumple con los estándares requeridos.

La población está apoya a la preservación de su primera fuente de ingreso. No obstante, hay iniciativas en la cual el tratamiento de los efluentes industriales pueda superar el estándar requerido y vertir los efluentes con menos contaminación.

Se plantea el problema representativo para dar desarrollo a la posible solución al problema mencionado, enfocando de manera prioritaria al problema principal, porque influye de manera representativa en la empresa.

1.2 Formulación del problema

En la actividad del tratamiento del efluente industrial de la empresa y la problemática que representa, se plantea la necesidad de implementar dicha área para que contribuya a la mejora de la preservación medioambiental a través de

métodos modernos y mejora de procesos. Siendo el planteamiento del problema principal el siguiente:

1.2.1 Problema general

¿De qué manera la instalación de un **dosificador químico** influirá en la **mejora del tratamiento de efluentes** en el área P.A.M.A. de la empresa Proteicos Concentrados S.A.C.?

1.2.2 Problemas específicos

El planteamiento de estos problemas específicos derivan del principal con finalidad de dar sustento en la relación entre variables, para ello se plantea los siguientes:

1. ¿De qué manera el desarrollo de la **Coagulación** influye en la reducción de **sólidos totales disueltos** en el área P.A.M.A. de la empresa Proteicos Concentrados S.A.C.?
2. ¿De qué manera el desarrollo de la **floculación** influye en la reducción de **sólidos totales en suspensión** en el área P.A.M.A. de la empresa Proteicos Concentrados S.A.C.?

1.3 Objetivos de la investigación

Como respuesta a la formulación del problema general donde la mejora del tratamiento del efluente industrial de la empresa a través de la implementación de un dosificador químico, se plantea el siguiente objetivo general que busca como respuesta la presente investigación:

1.3.1 Objetivo general

Instalar el **dosificador químico** que permita la **mejora del tratamiento de efluentes** en el área P.A.M.A. de la empresa Proteicos Concentrados S.A.C.

1.3.2 Objetivos específicos

Para cumplir con el objetivo general, es conveniente la formulación de los siguientes objetivos específicos que brindarán el soporte para cumplir el objetivo general de la presente investigación:

1. Aplicar la **coagulación** que permitirá la reducción de **sólidos totales disueltos** en el área P.A.M.A. de la empresa Proteicos Concentrados S.A.C.
2. Aplicar la **floculación** que permitirá la reducción de **sólidos totales en suspensión** en el área P.A.M.A. de la empresa Proteicos Concentrados S.A.C.

1.4 Justificación de la investigación

La presente investigación se justifica porque permitirá que la empresa Proteicos Concentrados S.A.C. tenga un mayor impacto medioambiental contribuyendo a la preservación de los recursos hidrobiológicos, ya que con la instalación del dosificador químico asegura el mejor tratamiento de los efluentes industriales de la empresa reduciendo la contaminación del mar y contribuye a la independización del tratamiento del efluente industrial, sostenibilidad y rentabilidad de la empresa.

Dicha investigación brindará un efectivo beneficio a la naturaleza (animales y flora marina) ya que se considera de suma importancia y como prioridad encontrar la naturalidad en nuestras aguas cálidas; así mismo con el desarrollo de herramientas estratégicas se trabajará de manera adecuada toda contaminación sin perjudicar a la industria. El resultado positivo que tendrá este proyecto será un gran motivo para disfrutar como ciudadanos el patrimonio que tenemos desde ya tiempo atrás.

1.5 Delimitación de la investigación

1.5.1 Delimitación espacial

Se desarrollará en la empresa Proteicos Concentrados S.A.C., ubicada en la ciudad de Pisco, Perú.

1.5.2 Delimitación temporal

El estudio se realizó en un periodo de tres meses del 23 de Septiembre del 2017 al 20 de Diciembre del 2017

1.6 Variabilidad de la investigación

1.6.1 Viabilidad técnica

Es posible actualizar e incrementar los recursos técnicos de tal manera que pueda satisfacer los objetivos del proyecto. La disponibilidad de la automatización del sistema actual, podrá contrastar el sistema actual con referente al propuesto.

1.6.2 Viabilidad financiera

Los estudios incluyen el análisis de costos y beneficios asociados con cada alternativa del proyecto. Con los análisis de Costo/Beneficio, todos los resultados se compararán con referencia al sistema actual. Teniendo como herramientas de medición a la TIR y el VAN.

1.6.3 Viabilidad operativa

El sistema propuesto contempla la viabilidad técnica y la viabilidad financiera. Por tal motivo, se realizó la simulación de puesta en marcha del proyecto.

Se detectó las posibles restricciones de la puesta en marcha del proyecto.

- Funcionamiento y rendimientos requeridos.
- Requisitos de mercado y competencias.
- Ampliaciones futuras.

2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la investigación

El desarrollo de nuestra sociedad lleva implícito un elevado coste medioambiental, de cuya magnitud el ser humano sólo ha empezado a ser consciente en la última década. El conocimiento, cada vez más profundo, de los complejos mecanismos que rigen la interacción actividad humana – medio ambiente y de las tendencias de cambio que sigue nuestro planeta, ha provocado la sensibilización social. De este modo, en los últimos años se están desarrollando y aplicando numerosas tecnologías de tratamiento que tienen por objetivo minimizar el impacto ambiental ocasionado por los vertidos (sólidos, líquidos y/o gaseosos) generados por las actividades humanas.

Entre los diversos tipos de agresiones al Medio Ambiente, probablemente una de las que más ha centrado la atención del mundo investigador en los últimos años ha sido el vertido de efluentes líquidos procedentes de actividades hidrobiológicas a los medios acuáticos naturales. Esto ha sido así porque existe la conciencia de que el agua es un bien escaso, y el conocimiento de que de su correcta gestión depende en gran medida el funcionamiento de nuestra sociedad. Normalmente, el tratamiento de efluentes, previo a su vertido en medios acuáticos naturales, consiste en la aplicación de una secuencia de operaciones unitarias, que tiene por objetivo eliminar los contaminantes del modo más económico posible.

Esta última restricción es importante, dado que para eliminar un mismo contaminante normalmente existirá más de una operación unitaria técnicamente viable, y es el factor económico el que marcará la candidata idónea. De este modo, son comunes en el tratamiento de aguas procesos unitarios físicos, tales como la

sedimentación y la filtración; químicos, como la precipitación y la oxidación; y biológicos, tales como la bio-oxidación y la fermentación anaerobia.

Los antecedentes de la primera variable (Dosificador Químico), indagando a nivel nacional e internacional, las cuales citamos a continuación:

- i. (Amsler, 2003) *Ingeniería de aguas residuales y la dosificación química en la industria, Argentina.*

La presencia en el agua de muchas sustancias sólidas constituye la parte más importante y aparente de la contaminación acuática.

El tamaño de las partículas contaminantes presentes en el agua es muy variado.

Hay sólidos que por su tamaño pueden observarse a simple vista en el agua y dejando la suspensión en reposo, se pueden separar bien por decantación bajo la influencia de la gravedad o bien por flotación, dependiendo de las densidades relativas del sólido y del agua. También resulta fácil separarlas por filtración.

Sin embargo, hay otras partículas muy finas de naturaleza coloidal denominadas coloides que presentan una gran estabilidad en agua. Tienen un tamaño comprendido entre 0,001 y 1 μm y constituyen una parte importante de la contaminación, causa principal de la turbiedad del agua. Debido a la gran estabilidad que presentan, resulta imposible separarlas por decantación o flotación. Tampoco es posible separarlas por filtración porque pasarían a través de cualquier filtro.

La causa de esta estabilidad es que estas partículas presentan cargas superficiales electrostáticas del mismo signo, que hace que

existan fuerzas de repulsión entre ellas y les impida aglomerarse para sedimentar.

Estas cargas son, en general, negativas, aunque los hidróxidos de hierro y aluminio las suelen tener cargas positivas.

El tratamiento físico químico del agua residual tiene como finalidad mediante la adición de ciertos productos químicos la alteración del estado físico de estas sustancias que permanecerían por tiempo indefinido de forma estable para convertirlas en partículas susceptibles de separación por sedimentación.

- ii. (Martínez Navarro, 2007) *Tratamiento de aguas residuales industriales mediante dosificación química (electrocoagulación y coagulación convencional)*, España.

Existen numerosos tipos de aguas y aguas residuales (las aguas de abastecimiento, efluentes industriales consistentes en suspensiones coloidales, aguas residuales contaminadas con macromoléculas orgánicas disueltas o las emulsiones de aceite en agua (O/W)) susceptibles de ser tratadas mediante coagulación, una operación dirigida a la consecución de la desestabilización de los contaminantes mediante su interacción con un reactivo (generalmente, sales de Fe(III) y de Al(III)). Esta operación puede complementar, en el tratamiento de un agua, a operaciones convencionales de separación sólido-líquido (flotación, decantación, etc.). En este contexto, una alternativa novedosa a la adición de disoluciones de sales de Fe(III) y de Al(III) es la generación de estos compuestos in situ, mediante la disolución de

láminas metálicas de hierro o aluminio. Para ello, se utilizan las planchas de hierro o de aluminio como ánodos de una celda electroquímica, y se controla la velocidad de aparición de estos componentes modificando la intensidad de corriente que se hace circular por la celda. Este proceso se conoce como electrocoagulación y, en principio, sus defensores aseguran que permite un mejor control en la dosificación de reactivos, y un ahorro significativo en los costes de operación.

- iii. (Cruz Quijada, 2015) *Optimización de la aplicación de lodos de depuración de efluentes industriales de dosificación química y la mejora de suelos*, de la Universidad Politécnica de Madrid – Madrid, España.

El tratamiento primario de los efluentes industriales por separaciones físico – químicas de los elementos sólidos de los efluentes. Esta situación requiere un tiempo de retención y velocidad del líquido lo más constante posible. El propósito principal de la etapa primaria es producir un lodo homogéneo producto de la coagulación y floculación para poder ser tratado biológicamente.

El tratamiento secundario de los lodos, se basa en el proceso de acción de las bacterias. Estas bacterias se encuentran continuamente en movimiento por la agitación mecánica o aireación, los organismos se multiplican y crecen enormemente por la acción metabólica nutriendo el suelo para su posterior cultivo.

- iv. (Mendizabal Requena, 2008) *Sistema de tratamiento integral del agua residual industrial mediante dosificación química*, de la Universidad Nacional de Ingeniería - Lima, Perú.

En la industria el efluente industrial es una de los procesos más críticos, ya que de ello depende la preservación del medio ambiente.

Hay sólidos que por su tamaño pueden observarse a simple vista en el agua y dejando la suspensión en reposo, se pueden separar bien por decantación bajo la influencia de la gravedad o bien por flotación, dependiendo de las densidades relativas del sólido y del agua. También resulta fácil separarlas por filtración.

Sin embargo, hay otras partículas muy finas de la naturaleza coloidal denominada coloide que presentan una gran estabilidad en agua. Tienen un tamaño comprendido entre 0,001 y 1 micrones y constituyen una parte importante de la contaminación, causa principal de la turbiedad del agua. Debido a la gran estabilidad que presentan, resulta imposible separarlas por decantación simple o flotación.

La causa de esta estabilidad es que estas partículas presentan cargas superficiales electrostáticas del mismo signo, que hace que existan fuerzas de repulsión entre ellas y les impida aglomerarse para sedimentar, es por ello que el tratamiento de floculación y coagulación contribuyen a un gran porcentaje de la eliminación de estas partículas coloides.

Las tesis relacionadas a la mejora del tratamiento del efluente son:

- i. (Salazar de la Cuadra, 2004) *Proposición de mejoras en los tratamientos de residuos líquidos industriales en pesquera FOODCORP S.A.*, de la Universidad del Bio Bio, Chile.

Los continuos y cada vez más acelerados avances tecnológicos que comenzaron con la revolución industrial han provocado drásticos

cambios que han afectado directamente a las actuales civilizaciones. Estos cambios han ayudado a la expansión y dominio de nuestra especie, pero también han comprometido nuestra propia existencia como la de las demás especies con quienes compartimos el planeta. Por tal razón estos cambios se pueden dividir en dos tipos, los que benefician y los que perjudican nuestro entorno. Primero, los cambios que benefician a la humanidad son aquellos que traen progreso y mejor calidad de vida debido a la entrega por parte de las industrias de una gran cantidad y diversidad de productos y servicios cada vez de mejor relación calidad / precio.

El tratamiento de los efluentes industriales conlleva a la mejora de la imagen de la empresa, elevación del coste del producto, ayuda a la evaluación de riesgos, acceso a nuevos mercados y aumento de las ventas.

- ii. (Lizarazo Becerra, 2013) *Sistemas de tratamientos de aguas industriales*, de la Universidad Nacional de Colombia – Bogotá, Colombia.

El establecimiento de Sistemas de tratamiento de aguas industriales son importantes para proteger el medio ambiente. Si las aguas industriales van a ser vertidas a un cuerpo receptor natural (mar, ríos, lagos), será necesario realizar un tratamiento para evitar enfermedades causadas por bacterias y virus en las personas que entran en contacto con esas aguas, y también para proteger la fauna y flora presentes en el cuerpo receptor natural. El tratamiento de las aguas

Industriales debe garantizar la inexistencia de efectos nocivos a la salud. Este implica la evaluación de tratamientos utilizados y el correcto aprovechamiento de los mismos en correlación con la normatividad vigente.

- iii. (Fernández Alva, 2014) *Mejora avanzadas de tratamientos de aguas residuales industriales en Madrid*— de la Universidad de Alcalá, España.

El tratamiento de las aguas residuales es una práctica que, si bien se lleva realizando desde la antigüedad, hoy por hoy resulta algo fundamental para mantener nuestra calidad de vida. Son muchas las técnicas de tratamiento con larga tradición y, evidentemente, se ha mejorado mucho en el conocimiento y diseño de las mismas a lo largo de los años. Pero no por eso han dejado de ser técnicas imprescindibles a la hora de tratar aguas industriales, y son las que, de una forma rápida, se pretenden exponer en el presente capítulo.

A la hora de revisar los tratamientos unitarios más convencionales no resulta fácil establecer una clasificación universal. Una de las formas más utilizadas es en función de los contaminantes presentes en el agua residual, o también en función del fundamento del tratamiento (químico, físico o biológico). Una forma de intentar aunar ambas formas de clasificación puede ser considerar que los contaminantes en el agua pueden estar como materia en suspensión, materia coloidal o materia disuelta.

- iv. (Jiménez Moleón, 2002) *Tratamiento de aguas oleosas por flotación*, de la Universidad Autónoma del Estado de México – Toluca, México.

La operación de las centrales nucleares con reactores nucleares del tipo agua hirviendo, producen residuos radiactivos sólidos, líquidos y gaseosos, que requieren de un tratamiento especial en su manejo y disposición. Tal es el caso de los desechos líquidos, que son una mezcla de agua y aceites sintéticos procedentes de fugas y derrames por presión o mantenimiento de equipos electromecánicos asociados al funcionamiento de la central nuclear. De hecho, el 90% de esta mezcla se recoge de las turbinas de alta y baja presión. Esta mezcla de agua y aceites gastados, se pretrata mediante sedimentación, centrifugación, y evaporación. No obstante, el aceite gastado obtenido del pretratamiento, contiene concentraciones de material radiactivo superiores a los límites de tolerancia establecidos en la normativa vigente en seguridad radiológica, se propuso el proceso de descontaminación, que si bien permite alcanzar los límites de tolerancia, genera dos subproductos peligrosos importantes, siendo el agua residual oleosa significativa debido a su volumen y composición. Esta agua proviene del lavado y neutralización de los aceites gastados, cuyas características son: acidez elevada y contaminación de metales pesados, disolventes, hidrocarburos ligeros, aromáticos policíclicos.

- v. (Miranda Guevera, 2017) *Análisis y propuesta de mejora en el proceso de tratamiento de efluentes oleosos en una refinería de petróleo con*

estrategias de producción más limpia., de la Pontificia Universidad Católica del Perú – Lima, Perú.

El tratamiento de los efluentes en las plantas de efluentes en una planta de refinación de crudo de petróleo. Al tratarse la refinación de un proceso continuo que maneja gran cantidad de materia prima, se presentan varios problemas en cuanto a uso de recursos como agua, energía y crudo de petróleo, lo cual se manifiesta finalmente en costos elevados de operación y de disposición de residuos. El objetivo general es mejorar el proceso de tratamiento de efluentes oleosos. Mediante la utilización de la herramienta producción más limpia se busca un uso de recursos de mayor eficiencia y una reducción en la generación de residuos, aplicando estrategias de buen mantenimiento, cambio tecnológico, entre otras. Se describe el proceso a analizar, de tratamiento de efluentes, así como el proceso principal de refinación del cual se derivan dichos efluentes. Asimismo, se identifican los principales problemas del proceso en estudio mediante la aplicación de herramientas de diagnóstico como la técnica del interrogatorio sistemático y el análisis de aspectos e impactos ambientales, la cual a su vez se basa en una identificación de entradas y salidas del proceso y la aplicación del índice de prioridad de riesgo.

2.2 Antecedentes de la empresa

2.2.1 Reseña histórica

El martes 28 de Junio del 2011 el presidente del Perú, Alan García, inauguró nuestra moderna planta de proteicos concentrados en la ciudad de pisco, ubicación exacta Carretera Pisco - Paracas Km 16.5 – Pisco

Se dio inicio con una inversión de US\$ 6 millones, se dedicará al procesamiento de anchoveta entera y residuos para producir una proteína purificada y bioactiva, refinada con membranas a bajas temperaturas, garantizando un producto con alto contenido proteico.

El producto es un polvo que se convierte en papilla para consumo humano directo, en especial para alimentar a niños. También se usa en la industria farmacéutica o como reemplazo de la proteína del suero de leche, leche en polvo, entre otros.

Nuestra compañía Proteicos Concentrados SAC fue fundada en Perú durante el 2008 y forma parte de la empresa BlueWave Management de Panamá, fue formada por socios estadounidenses siendo el gerente general Michael Mussel.

En la ceremonia de inauguración, el mandatario dijo que con esta planta, "por primera vez en la historia de Perú, se producirá directamente a partir de la anchoveta, un alimento proteico que permitirá su uso con otros alimentos".

Añadió que esta planta de procesamiento de proteínas refinadas de pescado "es el mejor regalo para el próximo Gobierno, porque será

un instrumento necesario en su lucha contra la desnutrición crónica infantil y materna, y la pobreza en el país.

2.2.2 Datos generales de la empresa

2.2.2.1 Descripción de los productos principales

- a) **FPI-LD:** Fish Protein Isolate (proteína aislada de pescado) es un aislamiento de péptidos de bajo peso molecular + Los nucleótidos (< 10, 000 * Daltons) es un suplemento nutricional verdaderamente único para mejorar la conversión alimenticia y el crecimiento de las situaciones de explotación intensiva. Esta es en versión líquida con una concentración de 53% de materia seca.
- b) **FPC-LD:** Fish Protein Concentrate (proteína concentrada de pescado) es una combinación de proteína de alta + Omega - 3 grasas (lípidos) (< 100.000 Daltons) es diferente de la harina de pescado tradicional o pescado solubles en sus niveles de pureza. Preparación única de FPC en resultados BlueWave en la fracción más baja de sal, así como menos de desnaturalización de las proteínas. Por tanto, el perfil de peso molecular de las proteínas en FPC proporciona una mayor digestibilidad. Esta es la versión líquida con una concentración de 25% de materia seca.

- c) **FPI-SD:** Es la proteína aislada de pescada en polvo, que tiene un alto porcentaje de proteína para consumo humano directo, es un suplemente nutricional importante y que da la sensación llenura, debido a su alto contenido de componentes alimenticios. FPI-SD el suplemento alimenticio de alta digestibilidad de color crema y sabores como uva, fresa, vainilla y natural.

Tabla 1: Contenido de FPI-S

Descripción	Porcentaje
Proteína	79,0
Grasa	1,0
Humedad	4,0
Cenizas	12,0
Otros	4,0
Total	100,0

Nota: Proteicos Concentrados s.a.c.

- d) **FPC-SD:** Es la proteína concentrada de pescado en polvo, teniendo un poco menos de proteínas que el FPI-SD, el suplemento FPC-SD de alta digestibilidad con alto contenido de componentes alimenticios, es el adecuado para la alimentación diaria.

Tabla 2: Contenido FPC-SD

Descripción	Porcentaje
Proteína	60,0
Grasa	16,0
Humedad	4,0
Cenizas	16,0
Otros	4,0
Total	100,0

Nota: Proteicos Concentrados s.a.c.

2.2.2.2 Descripción de maquinarias y equipos.

- a) **Deshuesadora:** El triturador, con capacidades de hasta 80 000 lb/hora (36 300 kg/hora) es uno de los pre-moladores más grandes de la industria, con varias medidas diferentes capaces de procesar animales completos sin necesidad de cortado previo. Cada martillo es maquinado individualmente antes de aplicarse un revestimiento mediante un tratamiento térmico, para luego ser rectificado y así lograr una tolerancia nominal de 0,005 a 0,25 pulgadas (0,01 a 0,64 cm).

Figura 1: Molino deshuesadora de pescado



Nota: Proteicos Concentrados s.a.c.

- b) Tanques de hidrólisis:** 4 Tanques de almacenamiento enchaquetado para contener temperaturas altas generadas por el vapor, capacidad de 7 m³ donde se realiza la hidrolisis enzimáticas.

Figura 2: Tanques de hidrolizado



Nota: Proteicos Concentrados s.a.c.

- c) **Centrifuga:** Una centrifuga es un aparato que aplica una fuerza centrífuga sostenida (esto es, una fuerza producida por rotación) para impeler la materia hacia afuera del centro de rotación. Este principio se utiliza para separar partículas en un medio líquido por sedimentación separando 3 contenidos las cuales son: lodos, agua de cola y aceite.

Figura 3: Centrifuga 810



Nota: Proteicos Concentrados s.a.c.

- d) **Decanter:** El decantador de centrífugo se forma del cuerpo que lleva los elementos que se giran mediante el grupo de propulsión que regula la diferencia de la

velocidad con el espiral que se gira con la velocidad diferente en el mismo eje con el tambor y del tambor giratorio con un ciclo alto. Los decantadores de centrífugo se aplican para la separación de las mezclas de líquidos; para la separación de las mezclas de sólidos con líquidos; para la deshidratación, la concentración y la clasificación de las mezclas de sólidos con líquidos y para la extracción de los componentes.

Figura 4: Decanter 934



Nota: Proteicos Concentrados s.a.c.

- e) **Membranas de ultrafiltración:** La ultrafiltración es un proceso de fraccionamiento selectivo utilizando presiones de hasta 145 psi (10 bar). La ultrafiltración se utiliza ampliamente en el fraccionamiento de leche y suero, y en fraccionamiento proteico. Concentra sólidos en suspensión y solutos de peso molecular mayor a

1 000. El permeado contiene solutos orgánicos de bajo peso molecular y sales.

Figura 5: Membranas de ultrafiltración



Nota: Proteicos Concentrados s.a.c.

f) **Membranas de nanofiltración:** La nano-filtración se selecciona cuando ósmosis inversa o ultrafiltración no son opciones correctas para una separación. La nanofiltración puede utilizarse en aplicaciones tales como desmineralizado, remoción de color, y desalinización. En concentraciones de solutos orgánicos, sólidos en suspensión, e iones polivalentes, el permeado contiene iones monovalentes y soluciones orgánicas de sustancias de bajo peso molecular, como alcohol.

Figura 6: Membranas de nanofiltración



Nota: Proteicos Concentrados s.a.c.

- g) Membranas de osmosis inversa:** El proceso de la osmosis inversa el agua es forzada a cruzar una membrana, dejando las impurezas detrás. La permeabilidad de la membrana puede ser tan pequeña, que prácticamente todas las impurezas, moléculas de la sal, bacterias y los virus son separados del agua.

Figura 7: Membranas OR



Nota: Proteicos Concentrados s.a.c.

- h) Planta evaporadora:** La evaporación es una operación unitaria empleada para remover un líquido de una solución, suspensión o emulsión hirviendo alguna porción del líquido. Es así un proceso de separación térmica o de concentración térmica. Nosotros definimos el proceso de evaporación como aquel que comienza con un producto líquido y termina con uno más concentrado, pero aun líquido y aun bombeable y con el concentrado como el producto principal del proceso.

Figura 8: Evaporador de 2 fases



Nota: Proteicos Concentrados s.a.c.

- i) **Spray dryer:** El Secado por Atomización, es también usado para la preservación de los alimentos. Mediante este proceso simple y ultrarrápido, se consigue secar los sólidos y sólidos solubles, con alta calidad, preservando las características esenciales de los mismos. Este proceso también ofrece ventajas en la reducción de los pesos y volúmenes. El proceso se caracteriza en pulverizar el fluido dentro de una cámara sometida a una corriente controlada de aire caliente.

Figura 9: Spray dryer horizontal INOXE



Nota: Proteicos Concentrados s.a.c

Figura 10: Spray dryer vertical NIRO



Nota: Proteicos Concentrados s.a.c

- j) Caldero:** Una caldera puede describirse como un generador de vapor o como “la combinación de equipos para producir o recuperar calor, junto con aparatos para transferir el calor disponible a un fluido”. Las calderas son ampliamente empleadas en plantas de proceso

como medio de calentamiento de fluidos o de aire, vaporización, trazado de vapor, deaireación del agua, generadores de vacío, generadores de potencia en turbinas, limpieza y mantenimiento de equipos de proceso, etc.

Figura 11: Caldero de 3 pasos



Nota: Proteicos Concentrados s.a.c

k) Celda DAF: La flotación de aire disuelto (DAF por sus siglas en inglés) es un tratamiento de aguas o proceso que clarifica aguas residuales (u otras aguas) mediante la remoción de materia suspendida como aceites o sólidos. La remoción se logra disolviendo en el agua u agua residual aire bajo presión y luego liberando el aire a presión atmosférica en tanques de flotación o piletas. La liberación de aire forma pequeñas burbujas que se

adhieren a la materia suspendida y la hacen flotar en la superficie del agua donde serán removidas por un dispositivo de desnatado.

Figura 12: Flotación por aire disuelto



Nota: Proteicos Concentrados s.a.c

- l) **Filtro rotativo:** El filtro rotativo con malla tipo Johnson de 0,5 mm de apertura, el cual permitirá remover los suspendidos y escamas, facilitando el posterior tratamiento y minimización el consumo de químicos.

Figura 13: Trommel



Nota: Proteicos Concentrados s.a.c

m) Skimmer: Es un recogedor de espuma, mediante paletas en la superficie de la celda DAF, luego de inyectar el aire, va a flote la espuma (Grasa). La función de esta es barrerla con las paletas hacia un canal y luego a almacenamiento de espuma.

Figura 14: Skimmer



Nota: Proteicos Concentrados s.a.c

- n) **Filtros estáticos:** Filtros con malla Johnson de 1 mm de apertura, netamente estáticos. Para el tratamiento final de la recolección de sólidos suspendidos.

Figura 15: Filtros estáticos



Nota: Proteicos Concentrados s.a.c

2.2.3 Misión

Blue Wave es una corporación multinacional, que se esfuerza continuamente por la creación e innovación de la proteína de pescado y sus derivados, lo cual mejora la eficacia de los ingredientes en los alimentos y productos alimenticios que se distribuyen en los supermercados. Blue Wave satisface al público consumidor mediante el uso adecuado de una alta tecnología en la producción, superando los más altos estándares de calidad en los mercados locales, tratando siempre de mejorar sus productos en sus procesos de producción, lo cual contribuye a una nueva y efectiva forma de nutrición.

Nuestros productos son óptimos en la reducción de la desnutrición en nuestras comunidades, mejorando los ratios de conversión de los alimentos en los supermercados, incluyendo la alimentación para los animales. Blue wave, beneficia a ambos equipos, tanto a los trabajadores como a los accionistas por su confianza, es un buen lugar para trabajar.

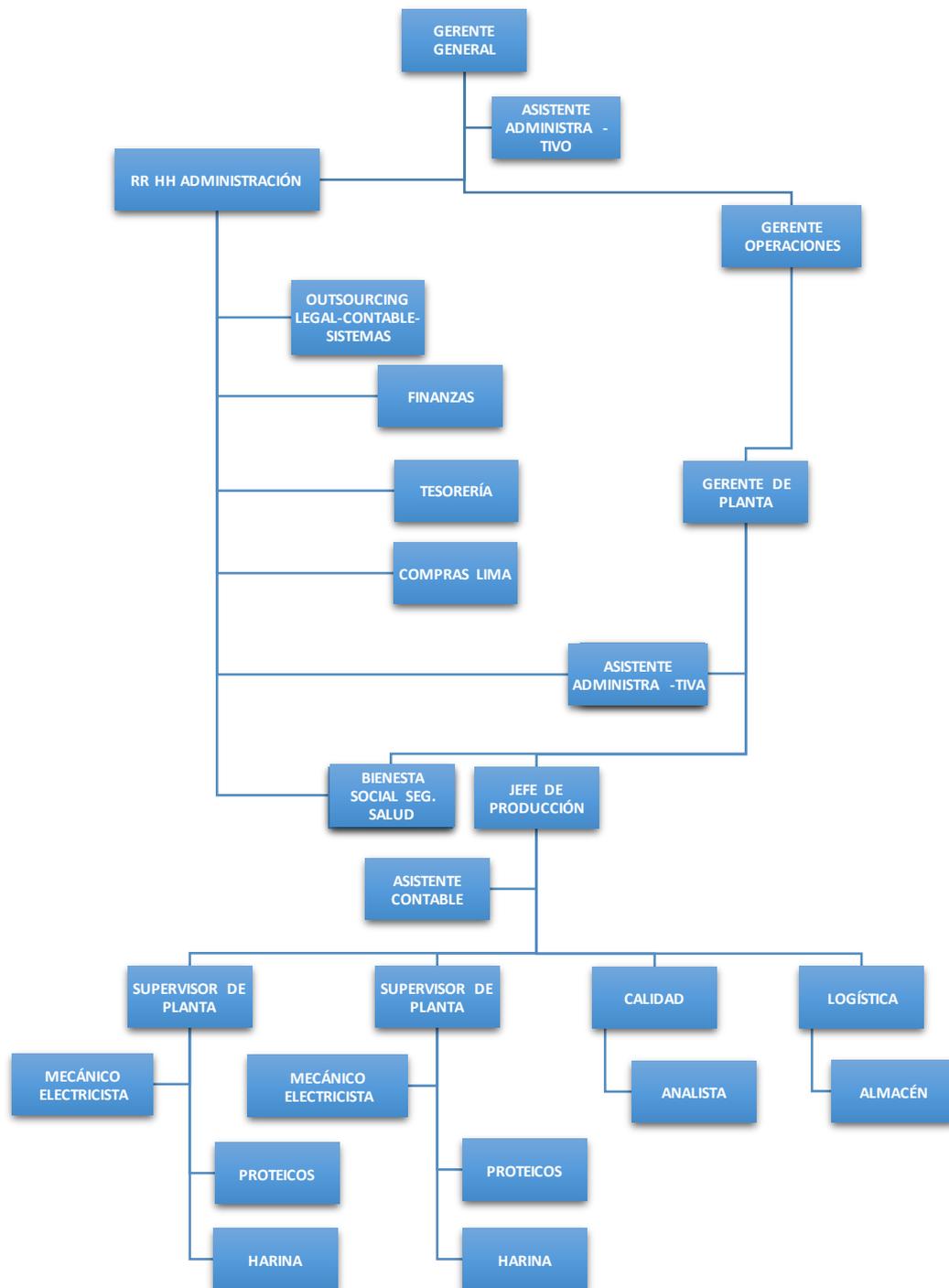
2.2.4 Visión

Nuestra visión es liderar el sector pesquero basado en productos refinados como la proteína y el aceite y el aceite de pescado con tecnología propia y crear el ingrediente nutricional más eficaz que se distribuyan en los mercados.

Blue Wave valora la calidad, las buenas prácticas ambientales en el proceso de producción, La innovación y el respeto.

2.2.5 Estructura organizacional

Figura 16: Organigrama



Nota: Proteicos Concentrados s.a.c

2.2.6 Proceso productivo

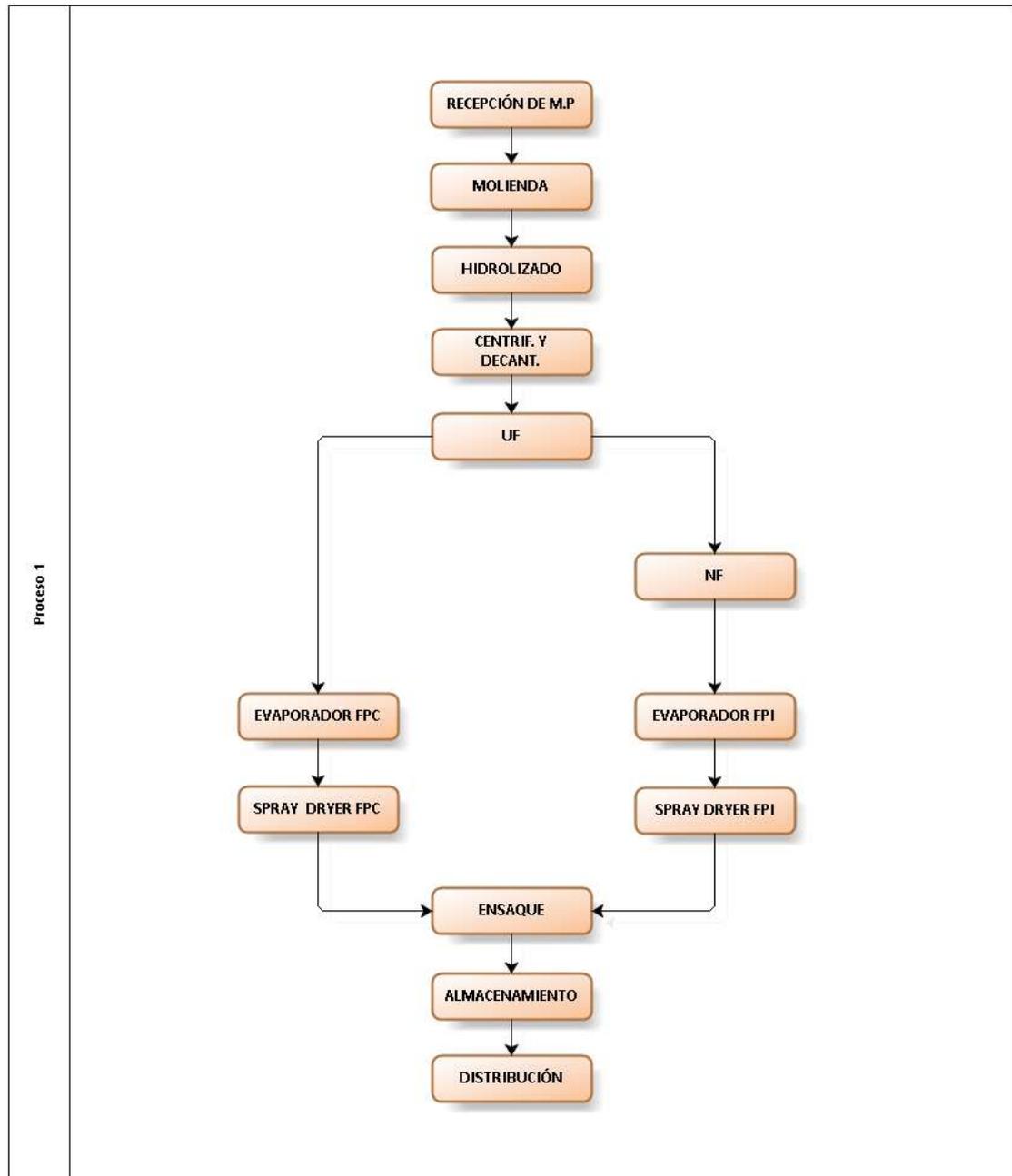
- a) **Recepción de materia prima:** En esta etapa se descargan las cámaras que contienen la materia prima, el recurso hidrobiológico que se utiliza es la anchoveta negra *Engraulis ringens* y anchoveta blanca *Anchoa nasus*, distribuyéndose al proceso por batch o lote.
- b) **Molienda:** Una vez que se recepciona la materia prima se lleva en dinos (recipientes metálicos), hacia el área de proceso y se vacía la materia prima a la moledora juntamente adicionándole agua.
- c) **Hidrolizado:** En este proceso al término de cada batch o lote del pescado molido más agua, se van a los tanques de hidrolizado, ya que esta mezcla tiene agregadas enzimas para que puedan cortar las cadenas más largas (proteínas) en cadenas más cortas (péptidos y aminoácidos) para la mejor digestión en el cuerpo humano.
- d) **Decanter y Centrifuga:** La mezcla se desplaza hacia la separadora y centrifuga en donde la separadora separa los sólidos (escamas espinas, huesillos); y la centrifuga separa el aceite, lodos y agua de cola.
- e) **Ultrafiltración:** Aquí se desplaza la mezcla al tanque UF sin residuos sólidos ni aceite, formado un tipo agua de cola, luego actúa la membrana de ultrafiltración la

cual filtra y separa nuestro producto concentrado FPC-LD y lo más fino de desplaza a la membrana NF.

- f) **Nanofiltración:** En la membrana de nanofiltración, hace un permeado para separar el agua haciendo más fino aun el producto, denominado FPI-LD, el producto aislado.
- g) **Evaporación:** En esta etapa del proceso se evaporan nuestros productos FPI-LD y FPC-LD. Hasta llevarlo a los brix necesarios.
- h) **Spray Dryer:** En este proceso hay dos secadores, uno para el producto FPC-LD y otro para el producto FPI-LD .Nuestros productos con la concentración adecuada (Brix) se secan por atomización, convirtiendo el producto FPI-SD y FPC-SD.
- i) **Ensaque:** El producto en polvo FPC y FPI cae de los secadores y son llenados en bolsas de 25 Kg.
- j) **Almacenamiento:** las bolsas de 25 Kg son apiladas en palets para ser levados a nuestro almacén para su próxima venta.
- k) **Distribución:** En esta etapa se distribuyen nuestros productos FPC-SD y FPI-LD a los clientes.

2.2.6.1 Diagrama de procesos:

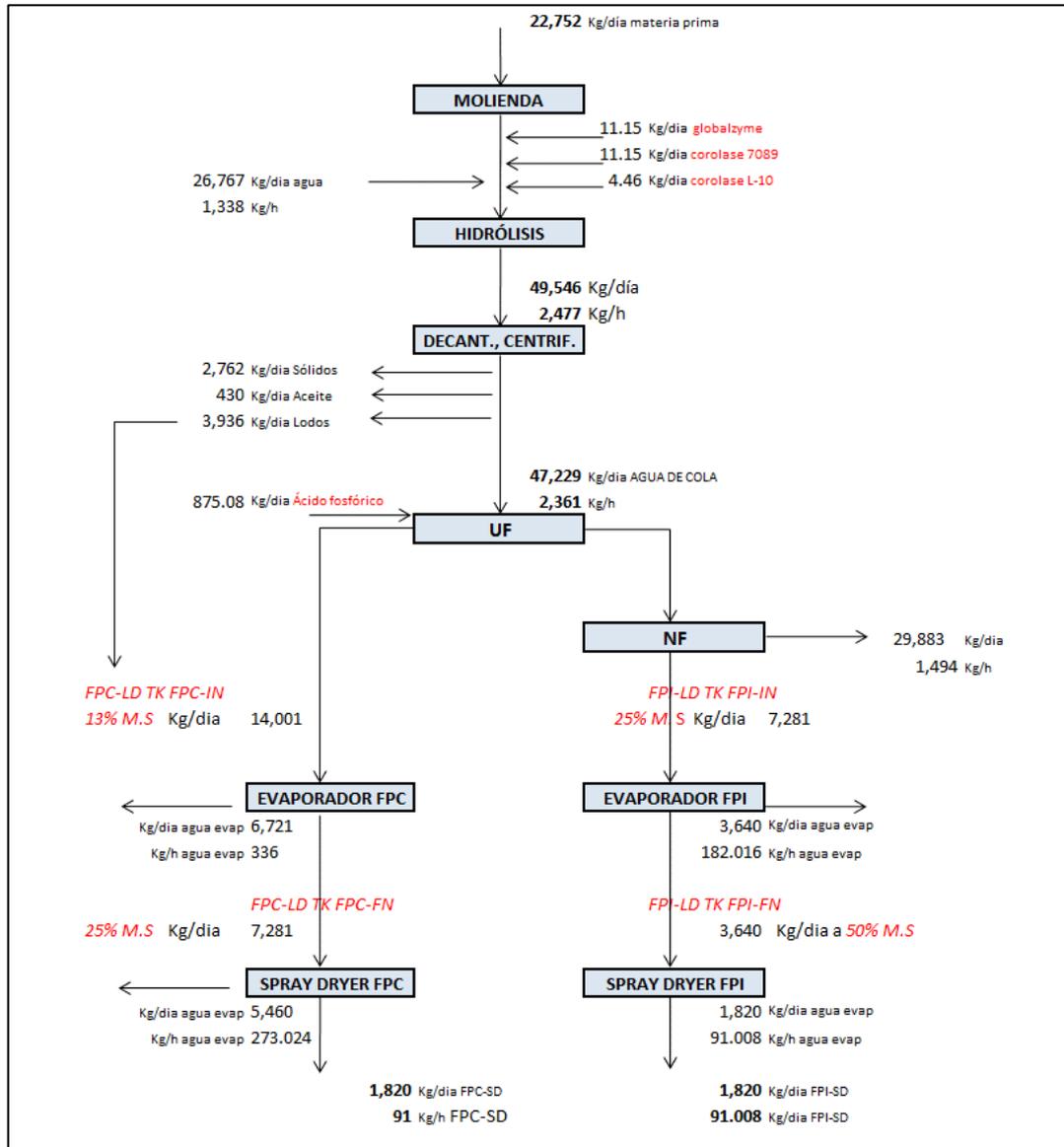
Figura 17: Diagrama de elaboración de proteína de pescado



Nota: Elaboración propia

2.2.6.2 Balance de masa:

Figura 18: Balance de masa de producción de proteína de pescado



Nota: Elaboración propia

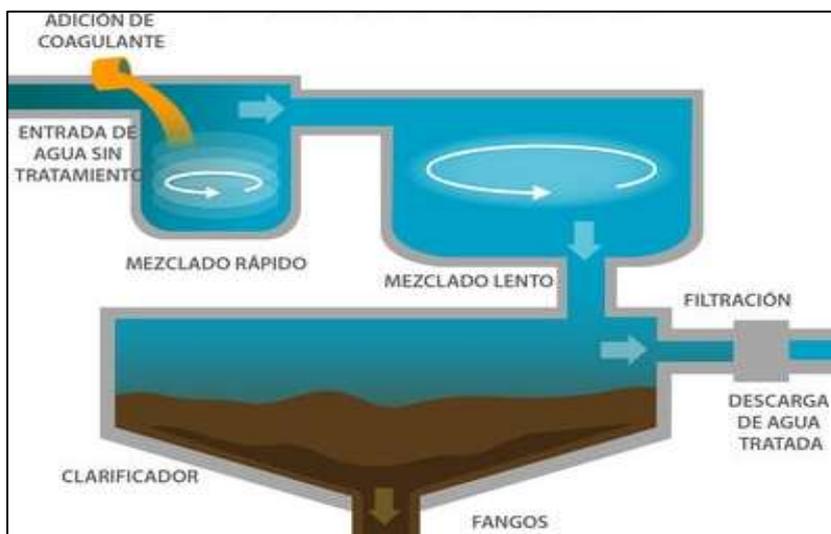
2.3 Bases teóricas

2.3.1 Dosificador químico

(Barrera Ariza, 2016) Un dosificador químico es un dispositivo que permite agregar un líquido a un solvente como el agua en cantidades precisas, además lo hace proporcionalmente de acuerdo al flujo que pasa por él, no importando los cambios de presión o de flujo en la línea.

Los dosificadores químicos son dispositivos utilizados para regular el despacho del producto en las diferentes etapas de un proceso, están compuestas por servomotores, motores eléctricos, electroimanes, cilindros neumáticos y reguladores.

Figura 19: Dosificador químico



Nota: Tratamiento de efluentes Colombia (2015)

2.3.1.1 Coagulación

Es un proceso de desestabilización química de las partículas coloidales que se producen al neutralizar las fuerzas que los mantienen separados, por medio de la adición de los coagulantes químicos y la aplicación de la energía de mezclado. Las sustancias químicas anulan las cargas eléctricas de la superficie del coloide permitiendo que las partículas coloidales se aglomeren formando flóculos.

La coagulación es el tratamiento más eficaz pero también es el que representa un gasto elevado cuando no está bien realizado. Es igualmente el método universal porque elimina una gran cantidad de sustancias de diversas naturalezas y de peso de materia que son eliminados al menor costo, en comparación con otros métodos.

El proceso de coagulación mal realizado también puede conducir a una degradación rápida de la calidad del agua y representa gastos de operación no justificadas. Por lo tanto que se considera que la dosis del coagulante condiciona el funcionamiento de las unidades de decantación y que es imposible de realizar una clarificación, si la cantidad de coagulante está mal ajustada.

Se consideran 2 mecanismos básicos en este proceso:

a) Neutralización de la carga del coloidal

El electrolito al solubilizarse en agua libera iones positivos con la suficiente densidad de carga para atraer a las partículas coloidales y neutralizar su carga.

Se ha observado que el efecto aumenta marcadamente con el número de cargas del ión coagulante. Así pues, para materias coloidales con cargas negativas, los iones Ba(bario) y Mg(magnesio), bivalentes, son en primera aproximación 30 veces más efectivos que el Na(sodio), monovalente; y, a su vez, el Fe(hierro) y Al(aluminio), trivalentes, unas 30 veces superiores a los divalentes.

Para los coloides con cargas positivas, la misma relación aproximada existe entre el ión cloruro, Cl^- , monovalente, el sulfato, $(\text{SO}_4)^{2-}$, divalente, y el fosfato, $(\text{PO}_4)^{3-}$, trivalente.

Figura 20: Neutralización



Nota: Tratamiento y circuito del agua (D.F México, 2014)

b) Inmersión en un precipitado o floculo de barrido

Los coagulantes forman en el agua ciertos productos de baja solubilidad que precipitan. Las partículas coloidales sirven como núcleo de precipitación quedando inmersas dentro del precipitado.

- pH: El pH es un factor crítico en el proceso de coagulación. Siempre hay un intervalo de pH en el que un coagulante específico trabaja mejor, que coincide con el mínimo de solubilidad de los iones metálicos del coagulante utilizado.

Siempre que sea posible, la coagulación se debe efectuar dentro de esta zona óptima de pH, ya que de lo contrario se podría dar un desperdicio de productos químicos y un descenso del rendimiento de la planta.

Si el pH del agua no fuera el adecuado, se puede modificar mediante el uso de coadyuvantes o ayudantes de la coagulación, entre los que se encuentran:

- Cal viva.
- Cal apagada.
- Carbonato sódico.
- Sosa Cáustica.

- Ácidos minerales.

➤ Agitación rápida de la mezcla: Para que la coagulación sea óptima, es necesario que la neutralización de los coloides sea total antes de que comience a formarse el floculo o precipitado.

Por lo tanto, al ser la neutralización de los coloides el principal objetivo que se pretende en el momento de la introducción del coagulante, es necesario que el reactivo empleado se difunda con la mayor rapidez posible, ya que el tiempo de coagulación es muy corto

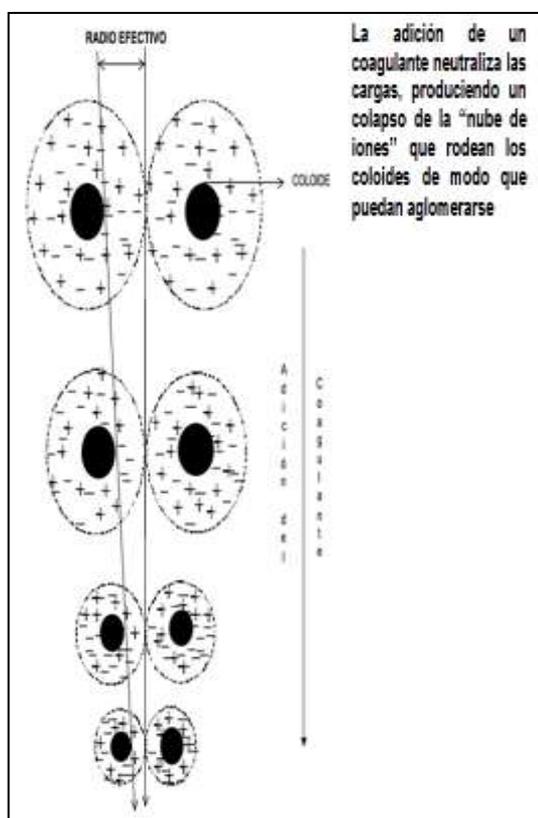
➤ Tipo: En el mercado actual hay diferentes tipos de polímeros coagulantes, depende mucho del pH del efluente.

Las cuales son:

- Sulfato de aluminio (también conocido como sulfato de alúmina) ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$)
- Sulfato ferroso (FeSO_4)
- Sulfato férrico ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$)
- Cloruro férrico (FeCl_3)

El objetivo principal de la coagulación es desestabilizar las partículas coloidales que se encuentran en suspensión, para favorecer su aglomeración; en consecuencia se eliminan las materias en suspensión estables; la coagulación no solo elimina la turbiedad sino también la concentración de las materias orgánicas y los microorganismos.

Figura 21: Acción del coagulador



Fuente: *Parámetros de proceso para depuración de aguas residuales* (Alcalá, 2015)

2.3.1.2 Floculación

La floculación es el proceso que sigue a la coagulación, que consiste en la agitación de la masa coagulada que sirve para permitir el crecimiento y aglomeración de los flocos recién

formados con la finalidad de aumentar el tamaño y peso necesarios para sedimentar con facilidad. Estos floculos inicialmente pequeños, crean al juntarse aglomerados mayores que son capaces de sedimentar.

Básicamente, existen dos mecanismos por los que las partículas entran en contacto:

a) Por el propio movimiento de las partículas (difusión browniana).

En este caso se habla de Floculación pericinetica o por convección natural. Es muy lenta.

b) Por el movimiento del fluido

Contiene a las partículas, que induce a un movimiento de éstas. Esto se consigue mediante agitación de la mezcla. A este mecanismo se le denomina Floculación ortocinetica o por convección forzada.

Existen además ciertos productos químicos llamados floculantes que ayudan en el proceso de floculación. Un floculante actúa reuniendo las partículas individuales en aglomerados, aumentando la calidad del floculo (floculo más pesado y voluminoso).

Hay diversos factores que influyen en la floculación:

a) Coagulación

Previa lo más perfecta posible.

b) Agitación lenta y homogénea.

La floculación es estimulada por una agitación lenta de la mezcla puesto que así se favorece la unión entre los floculos. Un mezclado demasiado intenso no interesa porque rompería los floculos ya formados.

c) Temperatura del agua.

La influencia principal de la temperatura en la floculación es su efecto sobre el tiempo requerido para una buena formación de floculos.

Generalmente, temperaturas bajas dificultan la clarificación del agua, por lo que se requieren periodos de floculación más largos o mayores dosis de floculante.

d) Características del agua.

Un agua que contiene poca turbiedad coloidal es, frecuentemente, de floculación más difícil, ya que las partículas sólidas en suspensión actúan como núcleos para la formación inicial de floculos.

e) Tipos de floculantes Según su naturaleza, los floculantes pueden ser:

- **Minerales:** por ejemplo la sílice activada. Se le ha considerado como el mejor floculante capaz de asociarse a las sales de aluminio. Se utiliza sobre todo en el tratamiento de agua potable.

- **Orgánicos:** son macromoléculas de cadena larga y alto peso molecular, de origen natural o sintético.

Los floculantes orgánicos de origen natural se obtienen a partir de productos naturales como alginatos (extractos de algas), almidones (extractos de granos vegetales) y derivados de la celulosa. Su eficacia es relativamente pequeña.

Los de origen sintético, son macromoléculas de cadena larga, solubles en agua, conseguidas por asociación de monómeros simples sintéticos, alguno de los cuales poseen cargas eléctricas o grupos ionizables por lo que se le denominan polielectrolitos.

Según el carácter iónico de estos grupos activos, se distinguen:

- **Polielectrolitos no iónicos:** son poliacrilamidas de masa molecular comprendida entre 1 y 30 millones.
- **Polielectrolitos aniónicos:** Caracterizados por tener grupos ionizados negativamente (grupos carboxílicos).
- **Polielectrolitos catiónicos:** caracterizados por tener en sus cadenas una carga eléctrica positiva, debida a la presencia de grupos amino.

La selección del polielectrolito adecuado se hará mediante ensayos jarrest.

En general, la acción de los polielectrolitos puede dividirse en tres categorías:

En la primera, los polielectrolitos actúan como coagulantes rebajando la carga de las partículas. Puesto que las partículas del agua residual están cargadas negativamente, se utilizan a tal fin los polielectrolitos catiónicos.

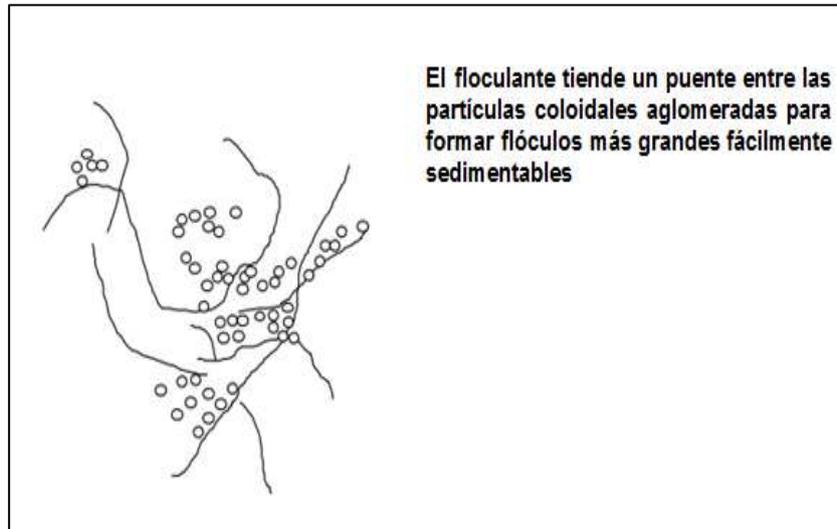
La segunda forma de acción de los polielectrolitos es la formación de puentes entre las partículas. El puente se forma entre las partículas que son adsorbidas por un mismo polímero, las cuales se entrelazan entre sí provocando su crecimiento.

La tercera forma de actuar se clasifica como una acción de coagulaciónformación de puentes, que resulta al utilizar polielectrolitos catiónicos de alto peso molecular. Además de disminuir la carga, estos polielectrolitos formarán también puentes entre las partículas.

El objetivo principal es permitir los contactos entre los floculos, la turbiedad y el color, la mezcla debe ser lo suficiente para crear diferencias de velocidad del agua dentro de la unidad

pero no muy grande, es decir aglomerar el conjunto de coloides más grandes unidos por la coagulación.

Figura 22: Acción del floculador



Fuente: *Parámetros de proceso para depuración de aguas residuales* (Alcalá, 2015)

2.3.1.3 Dosificador químico y sus tratamientos físico-químicos

(Aguilar, 2002) La depuración de aguas residuales, es habitual someter estas a un tratamiento físico-químico previo a su descarga a los receptores. Siendo el más utilizado la coagulación y floculación; la eficiencia de las operaciones posteriores de

Este tipo de tratamiento presenta grandes ventajas, como: una menor sensibilidad a las variaciones de caudal como de composición, gran flexibilidad en el diseño de la planta y

posibilidad de adaptación según las características del vertido ya que puede ser aplicado a diversos efluentes.

Estabilidad coloidal:

Hace referencia a la tendencia de las particular coloidales a mantenerse en suspensión. De lo dicho, se puede deducir que los términos estabilidad y coagulación son opuestos pues conforme mayor es esta tendencia (mayor estabilidad). Más difícil es su unión en núcleos de mayor tamaño que favorezca la eliminación por sedimentación.

Los sistemas coloidales pueden clasificarse en dos grandes grupos:

a) Coloides reversibles: Aquellos que son estables termodinámicamente. Como las micelas de jabón, detergentes, proteínas y almidones. Además, se clasifican los reversibles según su velocidad de agregación.

- coloides diturnales: se agregan lentamente.
- coloides caducos: se agregan rápidamente.

b) Coloides irreversibles: son coloides inestables termodinámicamente. Algunos como las arcillas y óxidos metálicos.

Aunque históricamente los coloides se han clasificado en liofóbicos y liofílicos que en sistemas acuosos los términos usados son hidrofóbicos y hidrofílicos respectivamente. Los coloides hidrofóbicos no reaccionan al agua. Los coloides hidrofílicos reaccionan al agua; las sustancias que producen el color son hidrofílicas. En el tratamiento del efluente hay que tener en cuenta que los coloides hidrofílicos pueden reaccionar químicamente con el coagulante usado en el proceso del tratamiento. Así los coloides hidrofílicos requieren mayor cantidad de coagulante que los hidrofóbicos, que no reaccionan químicamente con el coagulante.

Figura 23: Características hidrofóbico e hidrofílico

Características	Liofóbico (Hidrofóbico)	Liofílico (Hidrofílico)
Tensión superficial	Similar al medio.	Menor que el medio.
Viscosidad	Es muy similar a la de la fase dispersante sola.	Mayor que la de la fase dispersante sola.
Reacción a los electrolitos	Adición de pequeñas cantidades de electrolito pueden producir la agregación.	Se requiere mayor cantidad de electrolito para producir la agregación.
Aplicación de un campo eléctrico	Las partículas migran en una dirección bajo la acción de un campo eléctrico.	Pueden migrar en ambas direcciones o no bajo la acción de un campo eléctrico.
Ejemplos	Óxidos metálicos, sulfuros, plata, metales.	Proteínas, almidones, gomas, virus, bacterias.

Fuente: *Tratamientos físico-químico de efluentes*, Aguilar (2002)

Desestabilización de coloides: los términos coagulación y floculación han tenido diversas interpretaciones dependiendo del autor a utilizarse. En los últimos años se ha hecho un esfuerzo por

estandarizar ambos conceptos y se ha llegado a la adaptación de la siguiente diferenciación:

- **coagulación:** Es el proceso por el que los componentes de una suspensión o disolución estable son desestabilizadas por superación de las fuerzas que mantienen sus estabildades.
- **floculación:** Es el proceso por el que las partículas desestabilizadas se unen para formar grandes partículas estables o aglomeraciones.

Diferentes coagulantes químicos pueden llevar a cabo la desestabilización n por distintos caminos. Sin embargo, según las condiciones de uso, algunos materiales pueden funcionar como coagulante o ayuda para la coagulación, y algunos coagulantes pueden alcanzar la desestabilización por más de un camino, existen 4 diferentes mecanismos de desestabilizaciones.

- a) **Compresión de la capa difusiva:** La interacción de algunas especies de coagulantes con una partícula coloidal son puramente electroestáticas; los iones de carga similar a la carga primaria del coloide son repelidos y los contraiones son atraídos. Las otras interacciones no son significativas. Los coagulantes que actúan así reciben el nombre de electrolitos indiferentes.

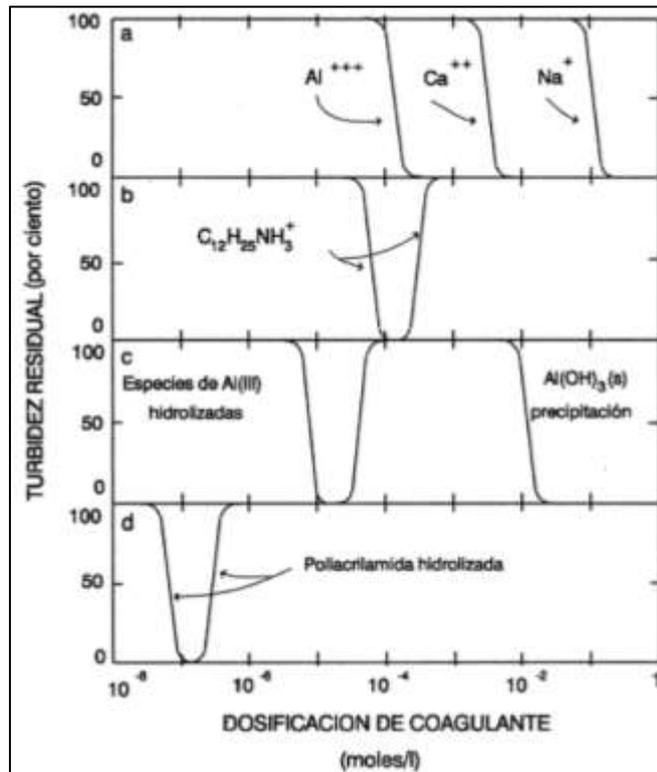
La desestabilización de un coloide por un electrolito indiferente es realizada por los contraiones y la eficacia del proceso de coagulación por estos iones aumenta mucho la carga. Este hecho se recoge en la llamada regla de Schulze-Hardy.

La coagulación se produce por compresión de la capa difusiva que rodea a las partículas coloidales, concentraciones elevadas de electrolito en la disolución dan elevadas concentraciones de contraiones en la capa difusiva.

El volumen de la capa difusiva necesario para mantener la electroneutralidad baja y, por tanto, el espesor de la capa difusiva se reduce. El alcance de la interacción repulsiva entre partículas coloidales similares disminuye, y la barrera energética de activación puede desaparecer.

Este modelo de desestabilización tiene inconveniente de que no tiene en cuenta fenómenos que ocurren en la mayoría de sistemas naturales, como por ejemplo los efectos de hidratación, y que influyen en el proceso de coagulación. Por ello, para comprender este proceso en la mayoría de los sistemas naturales, es necesario considerar otros modos de desestabilización.

Figura 24: Compresión de la capa difusiva



Nota: Tratamientos físico-químico de efluentes, Aguilar (2002)

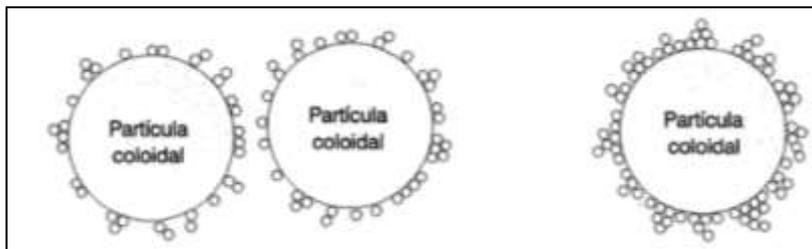
b) Adsorción para producir la neutralización de la

carga: La capacidad de una especie coagulante para desestabilizar una dispersión coloidal es realmente una mezcla de interacciones coagulante-coloides, coagulante-disolvente y coloide-disolvente. Según el tipo y magnitud de estas interacciones, la capacidad de un coagulante para ocasionar la desestabilización de una dispersión coloidal puede ser muy diferente de la seguridad por el modelo anterior.

Las interacciones coloide-disolvente pueden también afectar a la capacidad de un coagulante para realizar el

proceso de desestabilización. Así por ejemplo, se las partículas coloidales están firmemente enlazadas con las moléculas de agua, éstas deben ser eliminadas si queremos formar un enlace directo coagulante-coloidal. La energía requerida para eliminar estas moléculas de agua de la superficie de las partículas coloidales puede reducir y prevenir las interacciones específicas entre coloidal y el coagulante que se adiciona para la coagulación.

Figura 25: Adsorción de partículas

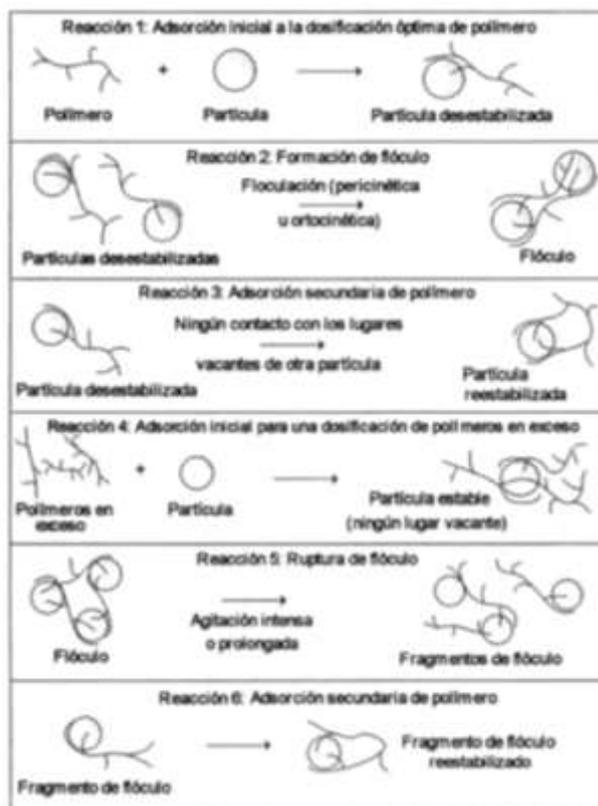


Nota: Tratamiento físico-químico de efluentes (Aguilar, 2002)

- c) **Inmersión dentro de un precipitado:** Para una precipitación muy rápida, esta proporción debe ser de cien o aún mayor. cuando el precipitado está cargado positivamente, a la velocidad de precipitación viene también incrementada por la presencia de aniones en la disolución. Lo aniones sulfato son particularmente efectivos. Por otro lado, las partículas coloides pueden servir como núcleos para la formación del precipitado, de modo que la velocidad de precipitación aumenta al

incrementarse la concentración de materia coloidal que debe eliminarse. Esto puede dar lugar a una relación inversa entre la dosificación óptima de coagulante y la concentración de materia que deba eliminarse del agua, menor será la cantidad de coagulante metálico que se requiere para llevar a cabo su eliminación

Figura 26: Comportamiento del floculador y coagulador



Nota: Tratamiento físico-químico de efluentes (Aguilar, 2002)

d) **Adsorción que permita un enlace tipo puente entre articulas:** Este modelo constituye el fundamento de la actuación de los polímeros sintéticos como agentes desestabilizadores para el tratamiento del agua

residual. Así, se ha observado frecuentemente que el tratamiento más económico se contiene con un polímero aniónico, aun cuando las partículas sólidas del agua estén cargadas negativamente. Estas observaciones no se pueden explicar por un modelo electrostático simple.

Para un desestabilización eficaz la molécula de polímero debe contar grupos químicos que puedan interaccionar con los ligares de la superficie de la partícula coloidal. Cuando una molécula polimérica se pone en contacto con una partícula coloidal, algunos de estos grupos se adsorben en la superficie de la partícula dejando el resto de la molécula prolongada hacia la disolución.

Si una segunda partícula con algunos lugares de adsorción vacantes se pone en contacto con estos segmentos prolongados puede ocurrir una fijación. De este modo, se forma un complejo partícula-polímero-partícula en el cual el polímero sirve de puente.

Las dosificaciones de polímero suficientemente grandes como para saturar las superficies coloidales producen un colide re-estabilizado, ya que no se dispone de ligares para la formación de puente entre partículas.

Coagulantes principales:

- a) **Salas de aluminio:** sulfato de alúmina, alúmina sódica y cloruro de alúmina, cloruro de polialuminio, sulfato de polialuminio, silicato-sulfato.
- b) **Salas de hierro:** sulfato ferroso, sulfato férrico, cloruro férrico cloro poliférrico, sulfato poliférrico.
- c) **Cal**

2.3.2 Tratamientos de efluentes

(Ferrer Polo, 2007) Término empleado para nombrar a las aguas servidas con desechos sólidos, líquidos o gaseosos que son emitidos industrias, generalmente a los cursos de agua; o que se incorporan a estas por el escurrimiento de terrenos causado por operaciones productivas.

Los productos tóxicos presentes en los efluentes son muy variados, tanto en tipo como en cantidad, y su composición depende de la clase de efluente que los genera. Los desechos que contienen los efluentes pueden ser de naturaleza química y/o biológica.

En términos generales, los principales componentes de los efluentes según su origen son:

- a). **Industria metalúrgica:** metales tales como cobre, níquel, plomo, zinc, cromo, cobalto, cadmio; ácidos clorhídricos, sulfúricos y nítricos; detergentes.

- b). **Industria papelera:** sulfitos, sulfitos ácidos, materia orgánica, residuos fenólicos, cobre, zinc, mercurio.
- c). **Industria petroquímica:** hidrocarburos, plomo, mercurio, aceites, derivados fenólicos y nafténicos, residuos semisólidos.
- d). **Industrias de la alimentación:** nitritos, materia orgánica, ácidos, microorganismos, etc.
- e). **Industrias textiles:** sulfuros, anilinas, ácidos, hidrocarburos, detergentes.
- f). **Industrias pesqueras:** Restos de desechos marinos, grasas, sangre.
- g). **Industrias químicas (en general):** amplia variedad de ácidos orgánicos e inorgánicos, sales, metales pesados

2.3.2.1 Flotación por aire disuelto (D.A.F.)

La flotación es un proceso en el cual se introducen microburbujas de aire en un estanque con agua residual o lodo. Al ascender las microburbujas, las partículas presentes en el líquido se adhieren a éstas, separándose y formando una capa flotante de material concentrado. Con ello se consigue una efectiva remoción de Sólidos Suspendedos, Aceites y Grasas, y materia orgánica particulada.

Es un tratamiento de aguas o proceso que clarifica aguas residuales (u otras aguas) mediante la remoción de materia suspendida como aceites o sólidos. La remoción se logra disolviendo en el agua u agua residual aire bajo presión y luego liberando el aire a presión

atmosférica en tanques de flotación o piletas. La liberación de aire forma pequeñas burbujas que se adhieren a la materia suspendida y la hacen flotar en la superficie del agua donde serán removidas por un dispositivo de desnatado.

a) Principio de aplicación

La flotación con aire disuelto se usa principalmente en el tratamiento de aguas residuales que contienen grandes cantidades de residuos industriales con altas cargas de grasas y sólidos suspendidos finamente.

Los sólidos con un peso específico ligeramente mayor a 1 que necesitan excesivos tiempos de sedimentación, pueden separarse mediante este proceso.

La flotación con aire disuelto encuentra cada vez más aplicación en las plantas de tratamientos industriales.

b) Flujo de alimentación

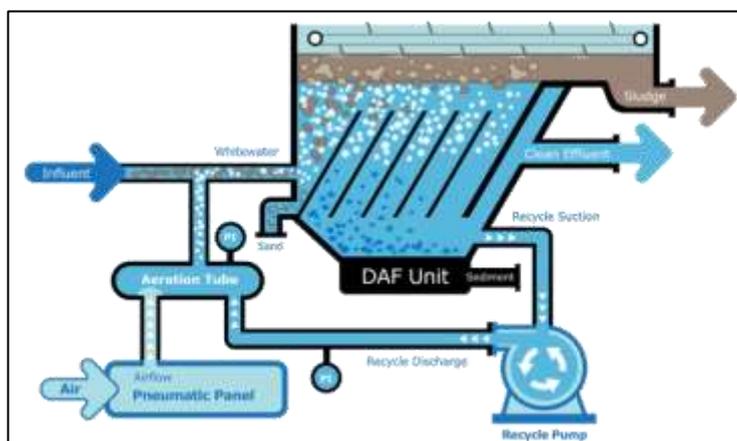
El flujo de alimentación, el efluente clarificado y el lodo flotado están dentro de una única y multifuncional columna. Al mismo tiempo la alimentación y el agua clarificada así como el lodo separado, siguen una trayectoria uniformemente radial a través de diferentes secciones de la celda.

La corriente de alimentación, es llevada inmediatamente a la superficie debido a la acción de flotación de la microburbujas, que al ser primero sometidas a una presión y mezcladas con el agua de entrada y para liberarse en la

celda de flotación a una presión menor a la sometidas, estas se liberan en microburbujas que se adhieren a la superficie del lodo floculado, con la consiguiente separación de los sólidos de agua, distribuyéndose uniformemente a través del área de flotación.

De esta manera el agua clara se deposita en el fondo y esta capa es forzada a pasar a través de los baffles de conducción de salida y el lodo flotado es recogido radialmente sin remover las capas formadas y si causar disturbios en el agua clarificada mediante un dispositivo de recolección que conduce el lodo al centro del tanque de flotación y a su vez es llevado hacia el tanque de lodo espesado.

Figura 27: Funcionamiento celdas D.A.F.



Nota: Sistemas para la mejora del tratamiento de efluentes (San Francisco, 2013)

2.3.2.2 Planta de tratamiento de aguas residuales

El tratamiento de aguas residuales consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes presentes en el agua efluente del uso humano.

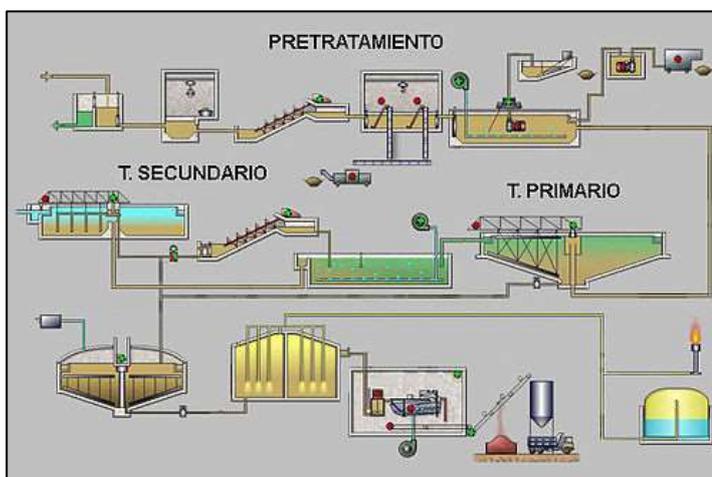
La solución más extendida para el control de la polución por aguas residuales, es tratarlas en plantas donde se hace la mayor parte del proceso de separación de los contaminantes, dejando una pequeña parte que completará la naturaleza en el cuerpo receptor. Para ello, el nivel de tratamiento requerido está en función de la capacidad de autopurificación natural del cuerpo receptor. A la vez, la capacidad de autopurificación natural es función, principalmente, del caudal del cuerpo receptor, de su contenido en oxígeno, y de su "habilidad" para reoxigenarse. Por lo tanto el objetivo del tratamiento de las aguas residuales es producir efluente reutilizable en el ambiente y un residuo sólido o fango (también llamado biosólido o lodo) convenientes para su disposición o reutilización.

Las aguas residuales se generan en residencias, instituciones y locales comerciales e industriales. Estas pueden tratarse en el sitio donde se generan (por ejemplo, fosas sépticas u otros medios de depuración) o bien pueden ser recogidas y llevadas mediante una red de tuberías –y eventualmente bombas– a una planta de tratamiento municipal. Los esfuerzos para recoger y tratar las aguas residuales domésticas de la descarga habitualmente están sujetos a regulaciones y normas locales, estatales y federales (regulaciones y controles). A menudo ciertos contaminantes de origen industrial presentes en las aguas residuales requieren procesos de tratamiento especializado.

El tratamiento de aguas residuales comienza por la separación física inicial de sólidos grandes (basura) de la corriente de estas aguas empleando un sistema de rejillas (mallas), aunque también pueden ser

triturados esos materiales por equipos especiales; posteriormente se aplica un desarenado (separación de sólidos pequeños muy densos como la arena) seguido de una sedimentación primaria (o tratamiento similar) que separe los sólidos suspendidos existentes en el agua residual. Para eliminar metales disueltos se utilizan reacciones de precipitación, que se utilizan para eliminar plomo y fósforo principalmente. A continuación sigue la conversión progresiva de la materia biológica disuelta en una masa biológica sólida usando bacterias adecuadas, generalmente presentes en estas aguas. Una vez que la masa biológica es separada o removida (proceso llamado sedimentación secundaria), el agua tratada puede experimentar procesos adicionales (tratamiento terciario) como desinfección, filtración, etc. El efluente final puede ser descargado o reintroducido de nuevo en una masa de agua natural (corriente, río o bahía) u otro ambiente (terreno superficial, subsuelo, etc.). Los sólidos biológicos segregados experimentan un tratamiento y neutralización adicional antes de la descarga o reutilización apropiada.

Figura 28: Planta de tratamiento de agua residual



Nota: Proyecto de implementación de PTAR (Andalucía, 2008)

a) Preservación medioambiental

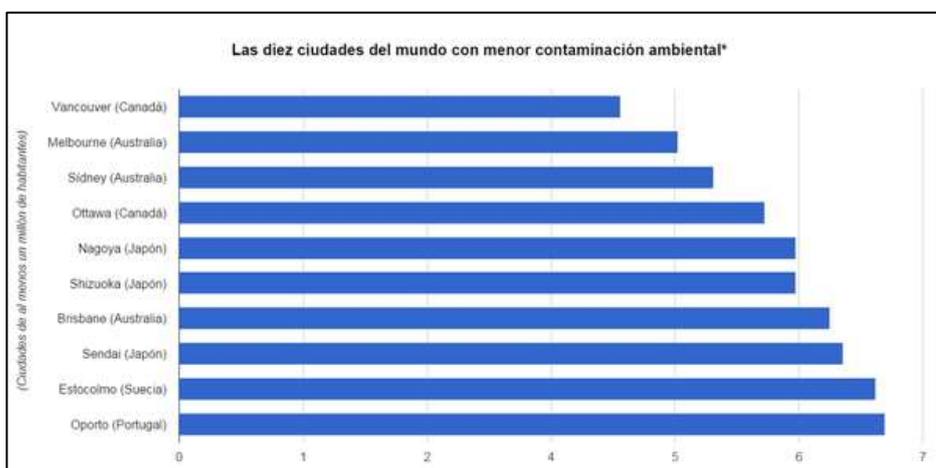
Protección de la naturaleza significa conservar y cuidar la vegetación, la fauna y sus hábitats. La responsabilidad ambiental debe estar orientada a asegurar de manera sostenible el aprovechamiento de la naturaleza, los bienes naturales, la flora y la fauna, así como la diversidad, la particularidad y la belleza paisajística.

La protección del medio ambiente y el cuidado del paisaje van de la mano de acuerdo con las perspectivas modernas de la problemática. El fundamento científico reside en la ecología, es decir, el estudio de la relación de los seres vivos entre sí y con el medio ambiente. Según su fundamento, la ecología ha de estar organizada de manera interdisciplinaria. Por ese motivo, la biología (bioecología), la geografía (geoecología o ecología del paisaje) y la economía (economía medioambiental) participan interdisciplinariamente en esta tarea; otras ciencias como la geología, la climatología, la antropología cultural, entre otras, colaboran con la ecología.

Los conocimientos sobre los contextos ecológicos han sido ampliados y profundizados durante las décadas pasadas. El cimiento de la protección de la naturaleza con orientación ecológica parte de que la Tierra es un ecosistema en el que se entrelazan sistemas parciales por

separado y en el que existen dependencias alternantes entre cada especie y su hábitat. Dentro del ecosistema reina un equilibrio dinámico, salvo cuando es perturbado. El objetivo principal de la protección de la naturaleza reside en hallar una manera favorable de unir el entorno ecológico, la naturaleza con las explotaciones orientadas económicamente.

Figura 29: Ranking de las ciudades con menos contaminación 2015



Nota: Infobae con datos de la Ambient Air Pollution Database, OMS (2015)

b) Recursos hidrobiológicos.

El océano desempeña un papel de enorme importancia en la vida de la humanidad. Todo parece indicar que el medio marino primitivo fue el medio idóneo favorable al surgimiento de la vida, al ser éste donde se constituyeron las primeras células. El agua ocupa casi el 71% de la superficie de la Tierra.

Ya en la comunidad primitiva el hombre usaba los recursos biológicos del mar para el consumo.

Actualmente, en la medida en que el desarrollo científico-técnico se hace más efectivo, las posibilidades de explotación del mar han aumentado, al contarse con nuevos recursos que hasta ahora eran desconocidos.

El océano mundial adquiere cada vez más importancia como fuente de recursos alimenticios. En sus aguas habitan cerca de 180 000 especies de animales; entre ellas, alrededor de 16 000 variedades de peces. También habitan aproximadamente 10 000 especies de plantas, que son indispensables en las cadenas alimentarias de los habitantes marinos. Por todo esto, el océano ofrece no solo riqueza de carnes, sino también otros recursos, como la harina de pescado, con un alto contenido de aminoácidos, vitaminas y otros elementos que pueden ser utilizados en la alimentación del ganado y las aves de corral, e, indirectamente, en la alimentación del hombre.

2.4 Definiciones conceptuales

Polímero: Los compuestos orgánicos que se han estudiado son, en general, cuerpos de constitución sencilla, pues están formados por moléculas conteniendo un número relativamente pequeño de átomos y solamente en el caso de ciertos productos naturales como las proteínas, polisacáridos, resinas naturales, gomas, etc., las sustancias caso por la polimerización o de adición, de moléculas más sencillas.

Motor: Un motor es la parte sistemática de una máquina capaz de hacer funcionar el sistema, transformando algún tipo de energía (eléctrica, de combustibles fósiles, etc.), en energía mecánica capaz de realizar un trabajo.

Bomba hidráulica: Una bomba hidráulica es una máquina generadora que transforma la energía (generalmente energía mecánica) con la que es accionada en energía del fluido incompresible que mueve. El fluido incompresible puede ser líquido o una mezcla de líquidos y sólidos como puede ser el hormigón antes de fraguar o la pasta de papel. Al incrementar la energía del fluido, se aumenta su presión, su velocidad o su altura.

Dosificación: Acción de proporcionar ciertas cosas de forma estandarizada, según se requiera o según fórmula.

P.A.M.A: Es el programa de adecuación medioambiental.

Sólidos Totales Disueltos (S.T.D): Es un análisis que consiste en ver a cantidad de sólidos totales disueltos en un líquido.

Sólidos Totales en Suspensión (S.T.S): Es el análisis que consiste en ver la cantidad de sólidos en suspensión de un líquido.

D.Q.O.: La D.Q.O. (Demanda Química de Oxígeno), es la cantidad de oxígeno necesario para oxidar la materia orgánica por medios químicos y convertirla en dióxido de carbono y agua. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mgO₂/l).

D.B.O: La D.B.O. (Demanda Biológica de Oxígeno), es la cantidad de oxígeno que los microorganismos, especialmente bacterias (aeróbicas o

anaerobias facultativas: Pseudomonas, Escherichia, Aerobacter, Bacillus), hongos y plancton, consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. Se utiliza para medir el grado de contaminación y se expresa en miligramos de oxígeno diatómico por litro (mgO₂/l). Como el proceso de descomposición varía según la temperatura, este análisis se realiza en forma estándar durante cinco días a 20 °C; esto se indica como D.B.O.

p.H: La sigla significa Potencial Hidrógeno o Potencial de Hidrogenios. El pH es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidrógeno [H]⁺ presentes en determinadas disoluciones.

Neutralización: Una reacción ácido-base o reacción de neutralización es una reacción química que ocurre un ácido y una base produciendo una sal y agua. La palabra "sal" describe cualquier compuesto iónico cuyo catión provenga de una base (Na⁺ del NaOH) y cuyo anión provenga de un ácido (Cl⁻ del HCl). Las reacciones de neutralización son generalmente exotérmicas, lo que significa que desprenden energía en forma de calor. Se les suele llamar de neutralización porque al reaccionar un ácido con una base, estos neutralizan sus propiedades mutuamente.

2.5 Formulación de hipótesis

Demostrar que la instalación de un dosificador químico, afecta directamente a la variación y mejora del tratamiento de los efluentes industriales, para ello se plantea con base y sustento la siguiente hipótesis principal.

2.5.1 Hipótesis principal

Si se instala de un **dosificador químico**, entonces; contribuirá a la **mejora del tratamiento de efluentes** en el área P.A.M.A. de la empresa Proteicos Concentrados S.A.C.

2.5.2 Hipótesis específicas

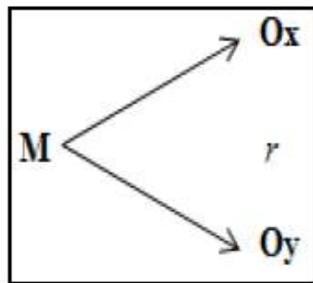
1. Si se aplica la coagulación, entonces; permitirá la reducción de Sólidos Totales Disueltos en el área P.A.M.A. de la empresa Proteicos Concentrados S.A.C.
2. Si se emplea la floculación, entonces; permitirá la reducción de Sólidos Totales en Suspensión en el área P.A.M.A. de la empresa Proteicos Concentrados S.A.C.

3. CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 Diseño

El diseño que se aplica en el desarrollo de la investigación es un diseño no experimental de tipo correlacional, para demostrar el grado de relación que existe entre las variables: Dosificador Químico (X) y Tratamiento de Efluentes (Y).

Donde:



M: Muestra.

Ox: Observación de la variable independiente.

Oy: Observación de la variable dependiente.

r: Coeficiente de correlación.

3.2 Tipo

El tipo de investigación es:

- Según su finalidad, es una investigación aplicada
- Según su alcance temporal, longitudinal. Se desarrolla durante un periodo de tiempo.
- Según su nivel o profundidad, es investigación explicativa.
- Según su carácter de medida es investigación cuantitativa.

3.3 Enfoque

El estudio que se realizará es una investigación cuantitativa y de paradigma deductivo, debido a que se utilizarán los datos recopilados en campo. La información obtenida y datos procesados nos ayudarán a la aprobación de las hipótesis establecidas en base a la medición numérica.

3.4 Población y muestra

3.4.1 Población

La población de la planta de proteínas – Pisco, está conformada por las áreas de Producción (32), Calidad (8), Logística (4), Mantenimiento (10), Comercial (2), Administración (4). En total la cantidad de trabajadores de la planta – Pisco es de 51 Colaboradores.

3.4.2 Muestra

La muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y tiene que ser representativo de dicha población.

Por otra parte en la presente investigación se considera los sujetos involucrados directos del problema la cual es $N = 51$ de acuerdo a una selección de muestra censal se involucrará a todos los colaboradores, debido a que la población es pequeña en la empresa Proteicos Concentrados S.A.C.

3.5 Técnicas e instrumentos

3.5.1 Técnicas

La información para desarrollar el estudio de investigación se recopilara por medio de los siguientes:

- a) **Encuesta:** Siendo su objetivo de obtener información sobre aspectos de las falencias y posibles mejoras del tratamiento de efluentes en el área de Producción de la empresa Proteicos Concentrados S.A.C – Planta Pisco. Para ello se realizaran encuestas siendo éstas dirigidas a los colaboradores (dueños del problema). Encuesta por cuestionario, el encuestado responde por escrito
- b) **Entrevista:** Las entrevistas están dirigidos a los Jefes de Producción y Operadores del Área P.A.M.A. de la empresa Proteicos Concentrados S.A.C. puesto que los datos necesarios para la investigación son manejados por esta de la empresa. Entrevista estructurada, rígidamente estandarizada. Las mismas preguntas a cada uno de los participantes.
- c) **Recopilación documental:** Permite obtener datos de los registros de producción, así como los efluentes evacuados semanalmente, frecuencia de limpieza de las máquinas, y otros. Para dar sustento al desarrollo del tema: Implementación de Dosificador Químico y La Mejora del Tratamiento de Efluentes.

3.5.2 Instrumentos

En el proceso de investigación presente se utilizara el cuestionario, para conocer la información de las variables involucradas, a través de preguntas claves formuladas por el investigador dependiendo de las variables.

El instrumento según el grado de dimensión son encuestas sobre estudios de áreas, según el grado de precisión son encuestas experimentales e individuales.

- Instrumento para encuesta: Cuestionario.
- Instrumento para entrevista: Guía de entrevista
- Instrumento para recopilación documental: Análisis de contenido.
- Instrumento: Recreación de puesta en marcha de la propuesta.

3.5.3 Técnicas de procesamiento de la información

Entre las principales técnicas que se utilizarán para este estudio, son las estadísticas tanto para la tabulación, procesamiento y análisis de los resultados. Utilizaremos una prueba de validación de resultados denominada “Prueba de la proporción de una población”, dado que esta prueba se utiliza para validar datos de tipo cuantitativo con una población mayor a 30 encuestados.

Para el procesamiento de la información se utilizarán las siguientes técnicas:

- Procesamiento computarizado con MiniTab17.
- Procesamiento computarizado con Excel 2013.

3.5.4 Prueba de la proporción de una población

Detalla la prueba de la siguiente manera: Sea X el número de éxitos de una muestra de tamaño n escogida de una población Bernoullí $B(1,p)$, donde el parámetro p es la probabilidad de éxito de un elemento cualquiera de la población. Se trata de contrastar la hipótesis nula $H_0: \pi = 50\%$ contra una cualquiera de las siguientes alternativas: $H_1: \pi > 50\%$ o $\pi < 50\%$ o $\pi \neq 50\%$. La proporción de éxitos en la muestra es $\bar{P} = \frac{X}{n}$, donde $X \sim B(n,p)$.

Si el tamaño de la muestra es grande ($n \geq 30$) y H_0 es supuesta verdadera, la estadística de la prueba es Z :

$$Z = \frac{X - np_0}{\sqrt{np_0(1-p_0)}} = \frac{\bar{P} - p_0}{\sqrt{p_0(1-p_0)/n}} \sim N(0,1)$$

La región de rechazo de la prueba para cada una de las alternativas es:

$Z > Z_{1-\alpha}$ Si $H_1: \pi > 50\%$ (Prueba unilateral cola derecha).

$Z < Z_{1-\alpha}$ Si $H_1: \pi < 50\%$ (Prueba unilateral cola izquierda).

$|Z| > Z_{1-\alpha}$ Si $H_1: \pi \neq 50\%$ (Prueba bilateral).

Donde $Z_{1-\alpha}$ es el valor de $Z \sim N(0,1)$ tal que $P[Z > Z_{1-\alpha}] = \alpha$ y donde $Z_{1-\frac{\alpha}{2}}$

es el valor talque $P[Z > Z_{1-\alpha}] = \frac{\alpha}{2}$.

3.5.5 Coeficiente de correlación de variables

El grado de relación que tiene las variables será determinados mediante esta fórmula:

$$r = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=0}^n [(X_i - \bar{X}) \cdot (Y_i - \bar{Y})]}{\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=0}^n (X_i - \bar{X})^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=0}^n (Y_i - \bar{Y})^2}}$$

Se concluirá el cálculo con estas aseveraciones:

$r = -1$; Entonces es una correlación inversa perfecta.

$-1 < r < 0$; Entonces es una correlación inversa.

$r = 0$; Entonces no hay correlación

$0 < r < 1$; Entonces es una correlación directa

$r = 1$; Entonces es una correlación directa perfecta.

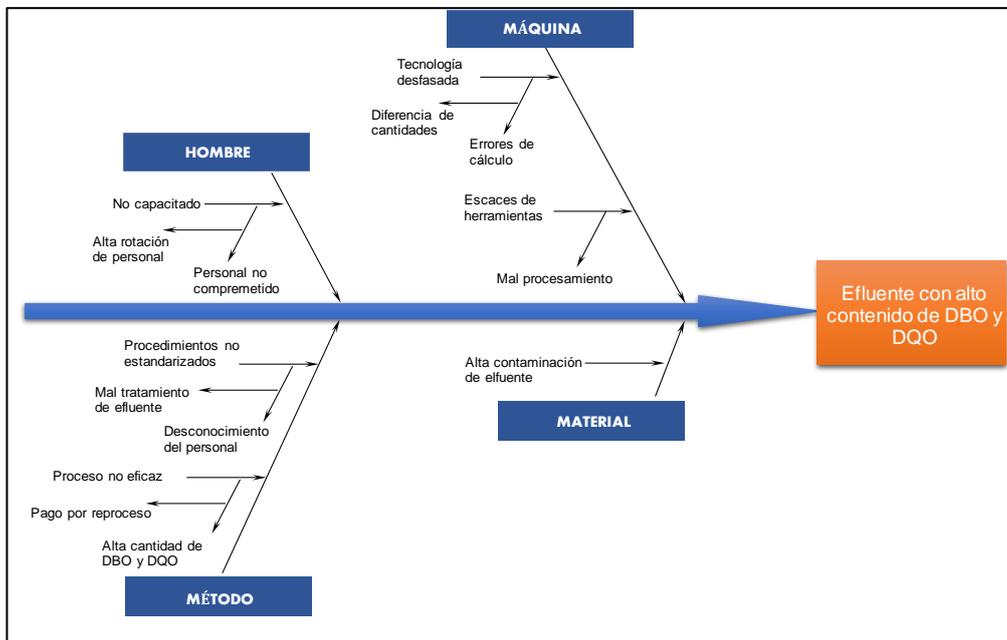
4. CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1 Proceso de desarrollo del dosificador químico y la mejora del tratamiento de efluentes en el área P.A.M.A. de la empresa proteicos concentrados S.A.C. Pisco- Perú.

4.1.1 Determinación del campo de acción

a) Diagrama de Ishikawa:

Figura 30. Diagrama de Ishikawa DBO y DQO

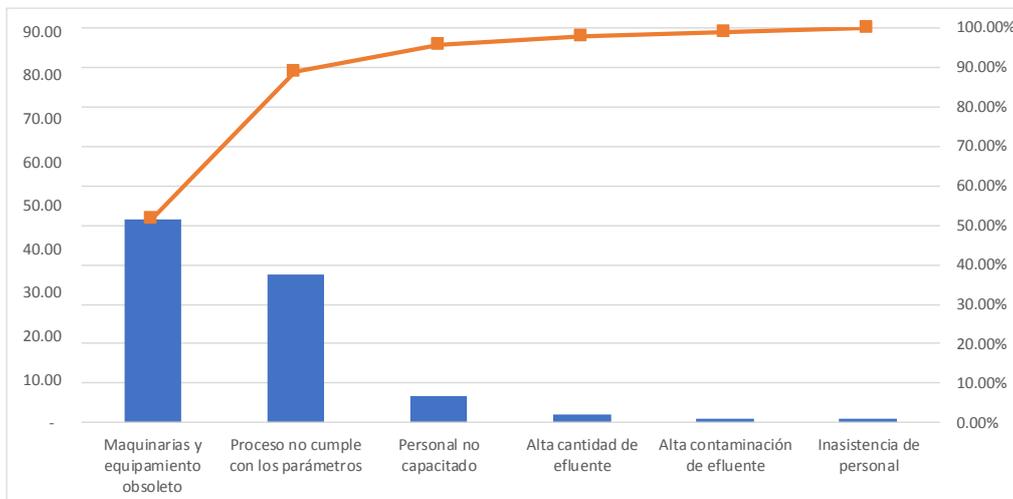


Nota: Elaboración propia

En el diagrama se ve refleja las causas por las cuales el efluente industrial está muy contaminado, originando realizar pagos por reprocesos a la empresa APROPISCO. Las causas más ramificadas son el Método y Máquina. La cual se contrastará con el diagrama de Pareto.

b) Diagrama de Pareto:

Figura 31. Diagrama de Pareto problemática



Nota: Elaboración propia

En este diagrama podemos corroborar que las mayores incidencias en el resultado final del efluente industrial son: las maquinarias obsoletas y la problemática con el procesos actual. Estos puntos son los que se atacaran para influenciar en la mejora del efluente industrial. La fuente es el cuaderno de ocurrencias obtenidas en los 3 meses de estudio del proyecto. La cual, demuestra que el 20% las casuísticas originan el 80% del problema.

4.1.2 Descripción del proceso a mejorar

- a) **Recojo de agua:** El proceso se inicia con el agua que se utiliza en los procesos en contacto directo con el pescado o producto, va transportado por unas canaletas donde drena toda el agua hacia el área PAMA.

- b) Filtración:** Esta etapa consiste en pasar el agua de las canaletas a través de filtros rotativos (Trommel) con mallas de acero de 0,5 mm de abertura lo que permite recuperar los sólidos suspendidos mayores a esa medida.
- c) Trampa de grasa:** Esta operación consiste en la separación de grasas por métodos físicos. Para ello se usan tanques rectangulares abiertos, llamadas comúnmente celdas DAF, que mediante un tiempo de residencia y por diferencia de pesos específicos se desfasa la grasa libre del líquido a tratar; haciéndolo separar y separándolos en forma de espuma. seguidamente, mediante un barrido constante de paletas, son recolectados en un tanque de paso para su tratamiento. La parte líquida continúa su flujo a la siguiente etapa del tratamiento.
- d) Flotación de grasa por aire disuelto:** las grasas que no fueron recuperadas en la primera etapa son flotadas en esta etapa mediante una inyección de aire disuelto suministrado por un reactor de microburbujas, logrando recircular al 100% del flujo de agua para acelerar y optimizar el proceso de flotación.
- e) Filtros estáticos:** Aquí pasa todo el efluente libre de grasa, pero aun con sólidos en suspensión, estos filtros

capturan los sólidos, liberando el efluente de carga sólida.

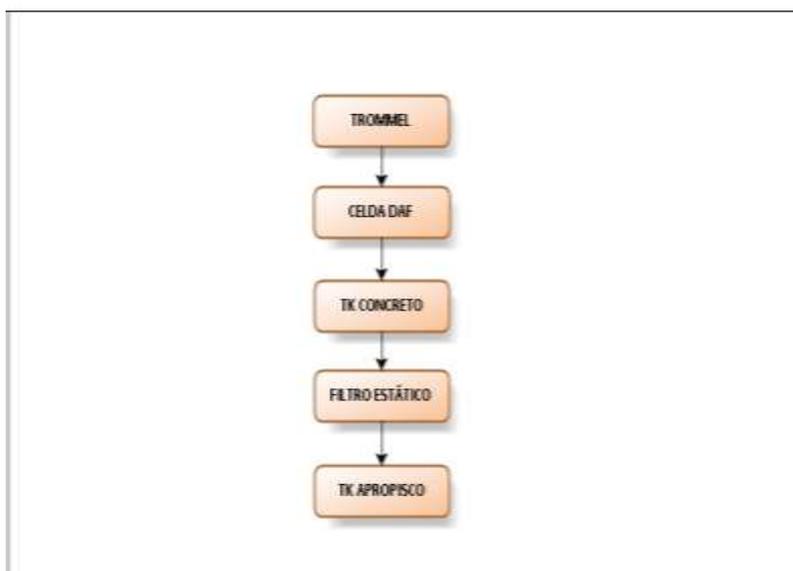
- f) **Tanque Apropisco:** Es tanque de almacenamiento del efluente, la etapa final para ser bombeado a la entidad APROPISCO, la cual drena los efluentes a 13 Km mar adentro.

4.2 Etapa de desarrollo

- a) **Se desarrolla la propuesta de implementación del dosificador químico.**

- Se cuenta en planta para el tratamiento de afluentes industriales con lo siguiente:
- Trommel
- Sistema de flotación por aire disuelto
- Skimmer
- Filtros estáticos
- Bomba centrífuga (Alfa laval)

Figura 32: Diagrama actual del área PAMA



Nota: Elaboración propia

Tabla 3: Descripción del efluente industrial actual

Los parámetros	Métodos empleados	Resultados	Unidades	VLGR * en los vertidos directos de agua de dominio público	VLGR * en las redes de saneamiento en los vertidos indirectos
Demanda química de oxígeno (DQO)	NM 03.7.054	490	mgO ₂ /l	500	1 000
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO)	Electrometría	204	mgO ₂ /l	100	500
Aceites y Grasas	Gravimetría	42	mg/l	30	50

Nota: Inspectorate

Para poner en marcha la propuesta de dosificador químico se necesita.

b) Neutralización.

Este sistema incluye lo siguiente:

- **Trasmisor de PH:** Transmisor de conductividad de simple canal que permite ver el valor de la señal de proceso y los distintos parámetros. Este instrumento trabaja en conjunto con un electrodo de PH.
- **Válvulas automáticas:** Válvula de asiento neumática sanitaria de 3 vías de 2,1/2"φ para apertura, cierre y recirculación según el PH con su perspectiva electroválvula
- **Tablero de control:** Donde incluirá el transmisor, arrancador de la bomba dosificadora, amplificador, fuente de poder, llave térmica, lámparas de señalización.
- **Bomba dosificadora de ácido:** Bomba de diafragma ideal para trabajar con líquidos de 10 – 40% de concentración como ácidos, sales y bases. Esta bomba permite una regulación del caudal de 10 al 100% mediante una perilla micrométrica.

Características de la bomba:

Tabla 4: Características de la bomba dosificadora de ácido

Características	Especificaciones
Caudal nominal	158 LPH
Presión máx. trabajo	7 Bar
Golpe por minuto	60
Material cabezal	PVC
Diafragma	PTFE(Teflon)
Asientos de válvula	AISI 316L
Sellos	Viton
Bolas o válvulas check	AISI 316L
Suministro eléctrico	0,6Kw/220/380/440V / 60 Hz / 3Ph
Regulación caudal	0 a 100% con perilla micrométrica

Nota: Elaboración propia

c) Sistema de dosificación de químicos.

Este sistema incluye lo siguiente:

- **Bomba dosificadora de coagulante:** Bomba de diafragma ideal para trabajar con líquidos de 10 – 40% de concentración como el cloruro férrico, sulfato férrico o el policloruro de aluminio.

Esta bomba permite una regulación del caudal del 10 al 100% mediante una perilla micrométrica.

Características de la bomba:

Tabla 5: Características de la bomba dosificadora coagulante

Características	Especificaciones
Caudal nominal	158 LPH
Presión máx. trabajo	7 Bar
Golpe por minuto	60
Material cabezal	PVC
Diafragma	PTFE(Teflon)
Asientos de válvula	AISI 316L
Sellos	Viton
Bolas o válvulas check	AISI 316L
Suministro eléctrico	0,6Kw/220/380/440V / 60 Hz / 3Ph
Regulación caudal	0 a 100% con perilla micrométrica

Nota: Elaboración propia

- **Floculador TS-Floc:** Es una tubería floculadora, lista para conectar y lograr acelerar los procesos de coagulación y floculación, el cual consiste de una tubería en forma de serpentín de largo y diámetros calculados para permitir una eficiente energía de mezclado; obteniendo como resultado una gran dispersión y eficiencia en la separación físico-química. Esta tubería cuenta con puntos de dosificación y toma muestra.

Características tubería floculadora:

Tabla 6: Características de la bomba para TS FLOC

Características	Especificaciones
Capacidad	15 - 25 m ³ /h
Diámetro tubería	2,1/2" f
Long/ Ancho/ Altura	2,30/ 0,35/ 0,80 m
Peso (Vacío/ Lleno)	100/280 Kg
Material	PVC C-15 (15 bar)/ codos en Sch40

Nota: Elaboración propia

- **Bomba dosificadora de polímero:** Bomba de diafragma ideal para bombear polímeros y permite una regulación del caudal del 10 a 100% del caudal nominal mediante perilla micrométrica.

Características de la bomba:

Tabla 7: Características de la bomba dosificadora de polímero

Características	Especificaciones
Caudal nominal	158 LPH
Presión máx. trabajo	7 Bar
Golpe por minuto	60
Material cabezal	PVC
Diafragma	PTFE(Teflon)
Asientos de válvula	AISI 316L
Sellos	Viton
Bolas o válvulas check	AISI 316L
Suministro eléctrico	0,6Kw/220/380/440V / 60 Hz / 3Ph
Regulación caudal	0 a 100% con perilla micrométrica

Nota: Elaboración propia

- **Unidad automática para la preparación de solución de polímero:** La unidad tiene dos compartimientos de 1 m³ cada uno, uno para preparación, maduración y otro de dosificación, el cual permite disolver de 1 hasta 3 Kg de polímero en polvo o emulsión en forma continua, logrando tener una solución final de 0,1 al 0,3% de concentración final. Este cuenta con un tablero de control automático con PLC, el cual permite una fácil operación.

Características técnicas:

- Tamaño de tanques: 2 x 1,0 m³
- Tanque preparación maduración
- Tanque solución

Tabla 8: Características de la bomba para preparación de solución

Características	especificaciones
Material tanques	Tanque plástico
Capacidad (0.1%-0.5% sol)	1,0 – 4,5 Kg/h
Consumo de agua	110 l/min (Durante preparación dilución al 0,1%)
Agitador	300 W
Rango alimentador volumétrico	5 - 45 l/h
Alimentador polvo	Single screw
Tolv	20 L
Motor alimentador	200 W
Materiales alimentador	Partes en contacto con materiales son en AISI 304

Nota: Elaboración propia

d) Químicos para dosificación:

- **Coagulador:** Un químico en polvo que se encarga de neutralizar las cargas positivas y negativas, reduciendo la nube de iones juntando y/o aglomerando las partículas coloides (Los sólidos que no se pueden percibir con la visión humana), a esta aglomeración de las partículas coloides ya neutralizadas se le denomina floc.

Figura 33: Coagulante industrial



Nota: Interoc S,A

- **Floculador:** Un químico en polvo que se encarga de aglomerar los floc que fueron producidos por los coagulantes, extiende una forma de cadena en la cual los floc se adhieren, formando partículas de sólidos grandes y visibles, así pudiendo descartar los sólidos del agua industrial.

Figura 34: Floculante Industrial

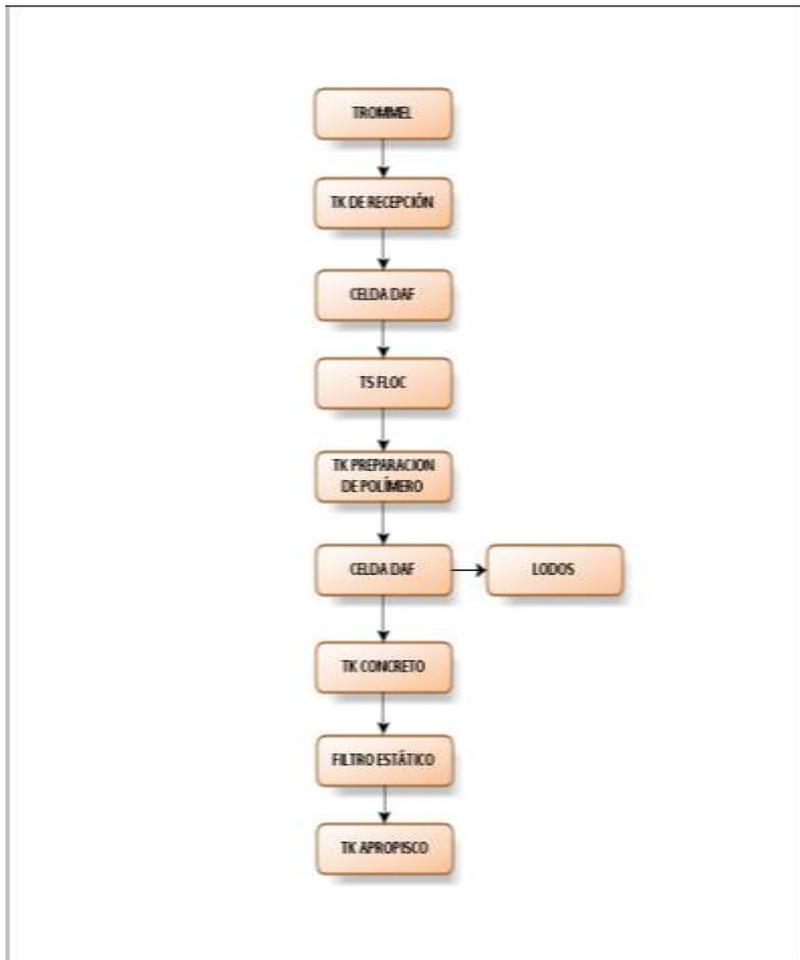


Nota: Interoc S.A.

4.3 Etapa de implementación

Luego de implementar el dosificador químico el proceso ya es manejado por el operador, en controlar la regulación del efluente industrial, caudal, manejos de las bombas y alimentación a la tolva de alimentación (floculador y coagulador). Esta sería el siguiente diagrama de proceso del área PAMA implementando el dosificador químico

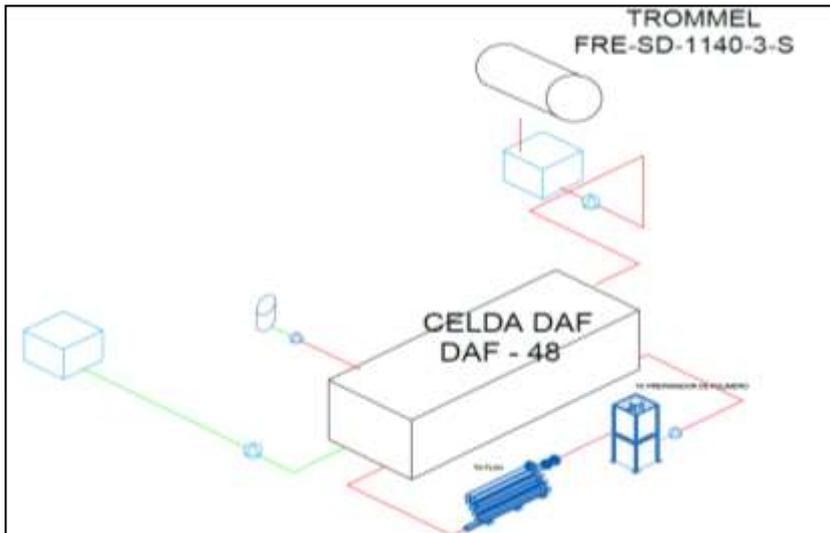
Figura 35: Diagrama de propuesta área PAMA.



Nota: Elaboración propia

Esta es la posible ubicación específica de la nueva propuesta de implementación del dosificador químico iniciando desde el trommel y terminando con tk apropisco.

Figura 36: Ubicación de la nueva implementación



Nota: Elaboración propia

A continuación vemos el resultado de la prueba de la aplicación de la utilización del polímero en recipientes de aproximadamente 200 Litros de efluente industrial, la reacción que esta tiene es bastante exitosa, pues vemos un efluente industrial con mucho menos turbidez.

Figura 37: Muestra de aplicación de polímero



Nota: Proteicos Concentrados S.A.C.

Posteriormente se realizó el análisis adecuado después de aplicar el polímero en el efluente industrial que nos dio como resultado menos STD, y posteriormente menos contaminación hacia el mar.

4.2 Análisis de resultados

4.2.1 Resultados del efluente industrial

Debido a que el área PAMA de la empresa Proteicos Concentrados S.A.C, cuenta con dos secciones; evacuación de efluente industrial (DAF) y planta de tratamiento de agua residual (PTAR), lo que se determinó que el proceso crítico es el área de efluente industrial, ya que se quiere contaminar menos nuestros recursos hidrobiológicos.

Para poder realizar la implementación del dosificador químico, es necesario adquirir los materiales indicados y la secuencia de los pasos.

El posible desarrollo de la nueva propuesta implicó analizar y reducir la cantidad de sólidos coloides, debido a la turbidez del efluente industrial.

También se determinó parámetros de dosificación, se llevó a cabo primero la capacidad de la celda DAF luego importante regular el flujo de la bomba acorde a la capacidad de la TS Floc (Tubería de maduración) que es de 25 m³/h que para ello INTEROC S.A sugirió y comprobó que la cantidad de polímero para capacidad de la TS Floc es de 158 LPH para un buen desempeño de la coagulación y floculación.

La prueba realizada en los 200 L de efluente industrial, se comprobó con satisfacción que el efluente industrial tomaba una forma menos turbia y en análisis mucho menos elementos contaminantes desembocados en el mar.

Tabla 9: Resultados de propuesta de efluente.

Los parámetros	Métodos empleados	Resultados	Unidades	Criterios Físicos-Químicos	
				VLGR * en los vertidos directos de agua de dominio público	VLGR * en las redes de saneamiento en los vertidos indirectos
Demanda química de oxígeno (DQO)	NM 03.7.054	320	mgO ₂ /l	500	1 000
Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO)	Electrometría	98	mgO ₂ /l	100	500
Aceites y Grasas	Gravimetría	35	mg/l	30	50

Nota: Inspectorate

Como vemos los resultados en cuanto a la situación actual del efluente y el resultado del polímero aplicado en la propuesta es de 490 mgO₂/l cercano a límite de 500 mgO₂/l se reduce a 320 mgO₂/l de Demanda química de oxígeno (DQO). Es decir, mejora en 34% la calidad del efluente.

También es favorable el resultado de Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO), debido a que el efluente actual contiene 204 mgO₂/l a comparación de la propuesta la cual disminuye a 98 mgO₂/l, entrando a los parámetros requeridos (100 mgO₂/l). Es decir, mejora en 106% la calidad del efluente.

4.2.2 Resultados de encuestas

Las encuestas aplicadas se realizaron a las 51 personas que laboran en la empresa, las cuales se tomaron antes de conocerse la idea de implementación y la otra que fue luego de realizar las pruebas de implementación y la exposición de resultados.

4.2.2.1 Instalaciones actuales

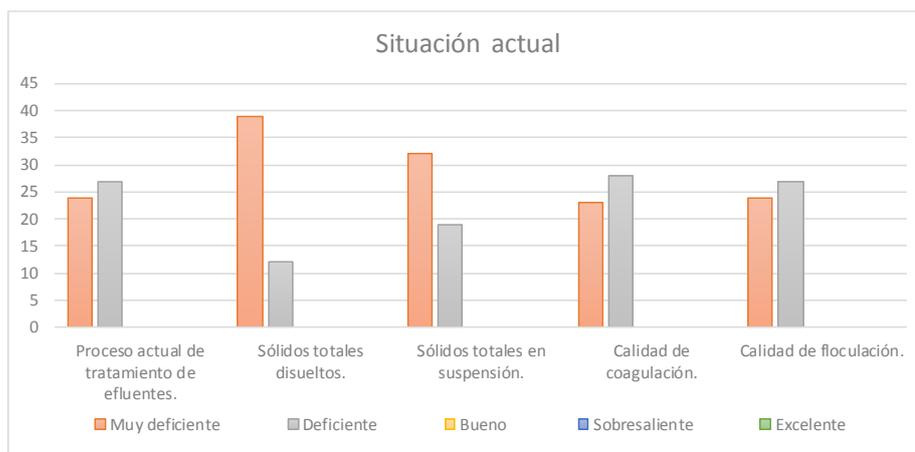
Después de haber realizado la encuesta correspondiente, se tuvieron los siguientes resultados.

Tabla 10: Instalaciones actuales sobre el área PAMA.

	Muy				
	deficiente	Deficiente	Bueno	Sobresaliente	Excelente
Proceso actual de tratamiento de efluentes.	24	27			
Sólidos totales disueltos.	39	12			
Sólidos totales en suspensión.	32	19			
Calidad de coagulación.	23	28			
Calidad de floculación.	24	27			

Nota: Elaboración propia

Figura 38: Instalaciones actuales sobre el área PAMA.



Nota: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 10, la frecuencia que podemos ver sobre la calificación actual del área P.A.M.A., es considerado por los trabajadores “Muy deficiente” en un 51% y 44% como “Deficiente”. Podemos deducir que el personal no está completamente satisfecho en el aspecto global de determinada área.

4.2.2.2 Propuesta antes de prueba

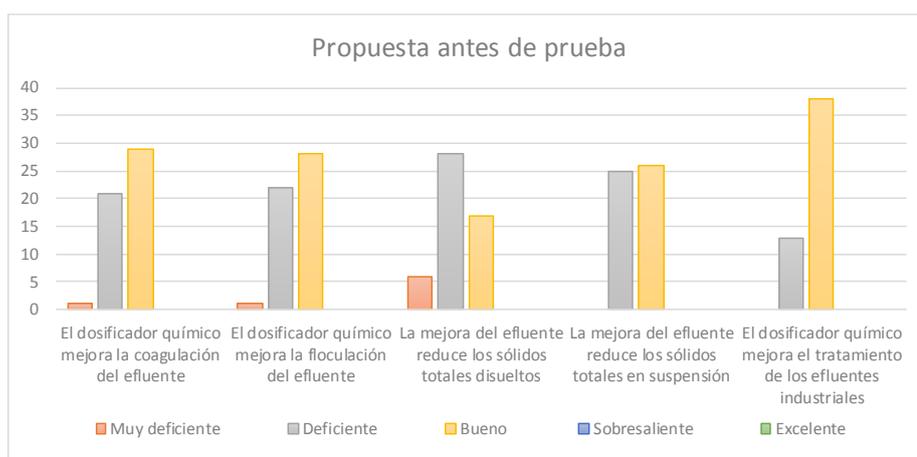
Después de haber realizado la encuesta correspondiente, se tuvieron los siguientes resultados.

Tabla 11: Calificación de propuesta antes de prueba

	Muy deficiente	Deficiente	Bueno	Sobresaliente	Excelente
El dosificador químico mejora la coagulación del efluente	1	21	29		
El dosificador químico mejora la floculación del efluente	1	22	28		
La mejora del efluente reduce los sólidos totales disueltos	6	28	17		
La mejora del efluente reduce los sólidos totales en suspensión		25	26		
El dosificador químico mejora el tratamiento de los efluentes industriales		13	38		

Nota: Elaboración propia

Figura 39: Calificación de propuesta antes de prueba



Nota: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 11, la frecuencia que podemos ver sobre la calificación de la propuesta de mejora del efluente. La variable “X” a través de la propuesta de la mejora de las dimensiones de floculación y coagulación se encuentra entre “Deficiente” en un 43% y “Bueno” en un 56%. Esto nos da a conocer el grado de aceptación que tiene el proyecto con un 56%. Además, existen algunos trabajadores que por experiencia,

falta de conocimiento, falta de capacitación o diferentes factores aun no crean que esta propuesta pueda ser la solución, ya que es la representación del 43%.

Con respecto a la variable “Y” a través de la mejora de las dimensiones sólidos totales disueltos y sólidos totales en suspensión representan un 37% “Deficiente” y 63% “Bueno”. Nos da a conocer el grado de aceptación de la propuesta con algunos trabajadores todavía incrédulos de la posible mejora.

4.2.2.3 Propuesta después de prueba

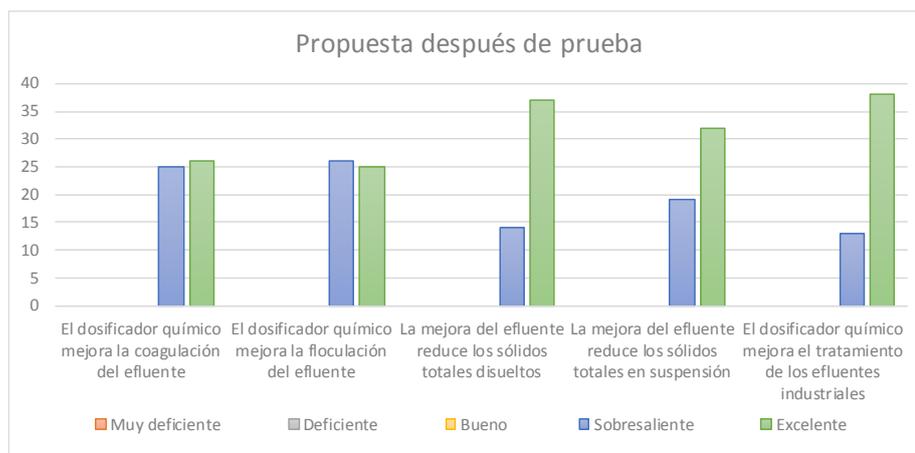
Después de haber realizado la encuesta correspondiente, se tuvieron los siguientes resultados.

Tabla 12: Calificación de propuesta después de prueba

	Muy deficiente	Deficiente	Bueno	Sobresaliente	Excelente
El dosificador químico mejora la coagulación del efluente				25	26
El dosificador químico mejora la floculación del efluente				26	25
La mejora del efluente reduce los sólidos totales disueltos				14	37
La mejora del efluente reduce los sólidos totales en suspensión				19	32
El dosificador químico mejora el tratamiento de los efluentes industriales				13	38

Nota: Elaboración propia

Figura 40: Calificación de instalaciones propuestas



Nota: Elaboración propia

De acuerdo a la tabla 12, la encuesta aplicada después de las pruebas de proyecto, se concluye que los rangos de la clasificación se ajustaron a nuevas condiciones de “Deficiente” y “Buena” a “Sobresaliente” y “Excelente” en un promedio de 100%

La frecuencia que podemos ver sobre la calificación de la propuesta de mejora del efluente. La variable “X” a través de la propuesta de la mejora de las dimensiones de floculación y coagulación se encuentra entre “Sobresaliente” en un 50% y “Excelente” en un 50%. Esto nos da a conocer el grado de aceptación que tiene el proyecto luego de haber realizado las pruebas.

Con respecto a la variable “Y” a través de la mejora de las dimensiones sólidos totales disueltos y sólidos totales en suspensión representan un 32% “Sobresaliente” y 68% “Excelente”. Nos da a conocer el grado de aceptación de la propuesta luego de haber realizado las pruebas.

4.3 Contrastación de la hipótesis

Para contrastar las hipótesis planteadas, se usó la “Prueba de la proporción de una población”, esta prueba se ha usado por las siguientes razones:

- a) Los datos para el análisis se encuentran calificadas como variables cuantitativas y esta prueba de hipótesis valida este tipo de variable.
- b) El tamaño de la muestra es grande dado que se han encuestado a 51 personas cuando se necesita como mínimo una muestra de 30 para que la prueba sea válida.
- c) Se quiere probar que la mayoría de los encuestados percibe la premisa como verdadera después de haber realizado las pruebas y contrastarla con los resultados de evaluación de calidad; por lo que la hipótesis alterna será definida como la afirmación que más del 50% de los encuestados señala verdadera cada proposición.

Con respecto a la región crítica (RC) de la prueba, será establecido con un $\alpha = 0,01$ (corresponde un $Z_{1-0,01} = Z_{0,99}$) y con una prueba unilateral de cola a la derecha (dado que se quiere probar que $P > P_0$). Como resultado se tiene una $RC = \{Z > 2,575\}$, es decir, si los valores Z calculados se encuentran dentro de este rango, se rechazará la Hipótesis Nula (H_0) y se aceptará la hipótesis alterna (H_a) para cada hipótesis. A continuación se presentan los resultados de la prueba de

hipótesis realizada y el procedimiento para llegar a las conclusiones para cada premisa.

4.3.1 Hipótesis N° 01

H₀: El 50% de los encuestados afirma que el dosificador químico contribuye a la mejora del tratamiento de efluentes.

H_a: Más del 50% de los encuestados afirma que el dosificador químico contribuye a la mejora del tratamiento de efluentes.

Los resultados de la pregunta N° 1 relacionada a esta hipótesis se aprecia en la tabla N° 12 y en la gráfico N° 40.

Entonces se desprende lo siguiente:

$$H_0: \pi = 50\%$$

$$H_a: \pi > 50\%$$

Datos:

$$\bar{P} = 100\%$$

$$P_0 = 50\%$$

$$n = 51$$

Hallando la estadística de la prueba, se tiene que el Z_{cal}

$$= \frac{\bar{P} - 0,5}{\sqrt{0,5(1-0,5)/51}} = 7,1414. \text{ Por otro lado, con un } \alpha \text{ (nivel de}$$

significancia) de 1%, se tiene que el intervalo de rechazo de H_0 en Z es:

$RC = \{Z_{cal} > 2,575\}$. Dado que $Z_{cal} = 7,1414$ RC , deberíamos rechazar

H_0 con un $\alpha = 1\%$ y concluir que la mayoría de los encuestados afirma

que el dosificador químico contribuye a la mejora del tratamiento de

efluentes.

4.3.2 Hipótesis N° 02

H₀: El 50% de los encuestados afirma que la coagulación permite la reducción de sólidos totales disueltos.

H_a: Más del 50% de los encuestados afirma que la coagulación permite la reducción de sólidos totales disueltos.

Los resultados de la pregunta N° 2 relacionada a esta hipótesis se aprecia en la tabla N° 12 y en la gráfico N° 40.

Entonces se desprende lo siguiente:

$$H_0: \pi = 50\%$$

$$H_a: \pi > 50\%$$

Datos:

$$\bar{P} = 100\%$$

$$P_0 = 50\%$$

$$n = 51$$

Hallando la estadística de la prueba, se tiene que el Z_{cal}

$$= \frac{\bar{P} - 0,5}{\sqrt{0,5(1-0,5)/51}} = 7,1414. \text{ Por otro lado, con un } \alpha \text{ (nivel de}$$

significancia) de 1%, se tiene que el intervalo de rechazo de H_0 en Z es:

$RC = \{Z_{cal} > 2,575\}$. Dado que $Z_{cal} = 7,1414$ RC , deberíamos rechazar

H_0 con un $\alpha = 1\%$ y concluir que la mayoría de los encuestados afirma que la coagulación permite la reducción de sólidos totales disueltos.

4.3.3 Hipótesis N° 03

H₀: El 50% de los encuestados afirma que la floculación permite la reducción de sólidos totales en suspensión.

H_a: Más del 50% de los encuestados afirma que la floculación permite la reducción de sólidos totales en suspensión.

Los resultados de la pregunta N° 2 relacionada a esta hipótesis se aprecia en la tabla N° 12 y en la gráfico N° 40.

Entonces se desprende lo siguiente:

$$H_0: \pi = 50\%$$

$$H_a: \pi > 50\%$$

Datos:

$$\bar{P} = 100\%$$

$$P_0 = 50\%$$

$$n = 51$$

Hallando la estadística de la prueba, se tiene que el Z_{cal}

$$= \frac{\bar{P} - 0,5}{\sqrt{0,5(1-0,5)/51}} = 7,1414. \text{ Por otro lado, con un } \alpha \text{ (nivel de}$$

significancia) de 1%, se tiene que el intervalo de rechazo de H_0 en Z es:

$RC = \{Z_{cal} > 2,575\}$. Dado que $Z_{cal} = 7,1414$ RC , deberíamos rechazar

H_0 con un $\alpha = 1\%$ y concluir que la mayoría de los encuestados afirma

que la floculación permite la reducción de sólidos totales en suspensión.

4.4 Grado de correlación de variables

El coeficiente de correlación es de -0,9985. Esto nos indica que la correlación es inversa.

La correlación es inversa debido a que la variable "X", la cual en las dimensiones de floculador y coagulador aumenta, generando que la variable "Y" disminuya la cantidad de sólidos totales disueltos y en suspensión. Es decir, mejora la calidad del efluente. Por tal motivo se asume que mientras más aplicación de dosificación el efluente industrial disminuye la turbiedad.

5. CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

1. Como producto realizado de a investigación, la prueba del dosificador químico nos demuestra que mejora el tratamiento del efluente.
2. Se ha determinado que la coagulación reduce la cantidad de solidos totales disueltos a través de las pruebas realizadas, la cual mejora en un 34%.
3. Se ha determinado que la floculación reduce la cantidad de sólidos en suspensión a través de las pruebas realizadas, al cual mejora en un 106%.

5.2 Recomendaciones

1. Una vez implementado el sistema, se recomienda el mantenimiento de las bombas ya que la zona es húmeda y podría afectar al sello mecánico de la bomba y posteriormente quemar el motor.
2. Es conveniente que el personal esté capacitado para asumir el puesto de operador PAMA, ya que son ellos quienes interactúan a diario con el manejo de máquinas y bombas.
3. A un futuro luego de implementar el dosificador, sería bueno colocar electroválvulas o solenoides para la automatización del caudal, apagado y encendido de bombas, dosificador y relleno de polímero.

6. CAPÍTULO VI: FUENTES DE INFORMACIÓN

6.1 Referencia bibliográfica

- Aguilar, M. S. (2002). *Tratamiento físico-químico de aguas residuales*. Murcia: Universidad de Murcia.
- Agustín, C. (2013). *Stock, procesos y dirección de operaciones: Conoce y gestiona tu fábrica*. México: Alfaomega.
- Amsler, M. L. (2003). *Ingeniería de aguas residuales y la dosificación química en la industria*. Lima, Argentina.
- Barrera Ariza, E. (2016). *Propuesta de automatización de dosificadores químicos*. Velez, Argentina.
- Cruz Quijada, L. G. (2015). *Optimización de la aplicación de lodos de depuración de efluentes industriales de dosificación química y la mejora de suelos*. (U. P. Madrid, Ed.) Madrid, España.
- Fernández Alva, A. (2014). *Mejora avanzadas de tratamientos de aguas residuales industriales en Madrid*. (U. d. Alcalá, Ed.) Madrid, España.
- Ferrer Polo, J. (2007). *Tratamientos Biológicos de Aguas Residuales*. Valencia: EDITORIAL DE LA UPV.
- Jiménez Moleón, M. d. (2002). *Tratamiento de aguas oleosas por flotación*. (U. A. México, Ed.) Toluca, México.
- Lizarazo Becerra, J. M. (2013). *Sistemas de tratamientos de aguas industriales*. (U. N. Colombia, Ed.) Bogotá, Colombia.
- Martínez Navarro, F. (2007). *Tratamiento de aguas residuales industriales mediante dosificación química (electrocoagulación y coagulación convencional)*. España.

- Mendizabal Requena, M. A. (2008). Sistema de tratamiento integral del agua residual industrial mediante dosificación química. (U. N. ingeniería, Ed.) Lima, Perú.
- Miranda Guevera, L. (2017). Análisis y propuesta de mejora en el proceso de tratamiento de efluentes oleosos en una refinería de petróleo con estrategias de producción más limpia. (P. U. Perú, Ed.) Lima, Perú.
- Salazar de la Cuadra, L. G. (2004). Proposición de mejoras en los tratamientos de residuos líquidos industriales en pesquera FOODCORP S.A. (U. d. Bio, Ed.) Chile.

6.2 Referencias electrónicas

- AGUAMARKET. (2017). *aguamarket*. Obtenido de <http://www.aguamarket.com/productos/productos.asp?producto=12811>
- AGUASISTEC. (2017). *AGUASISTEC*. Obtenido de <http://www.aguasistec.com/planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales.php>
- AMBIENTAL, I. (2006). *Ingeniero Ambiental*. Obtenido de Ingeniero Ambiental: <http://www.ingenieroambiental.com/?pagina=835>
- AMBIENTAL, L. (2010). *LEGISLACIÓN AMBIENTAL*. Obtenido de http://www.legislacionambiental.spda.org.pe/index.php?option=com_content&view=article&id=523&Itemid=4356
- BDIGITAL. (2014). *BDIGITAL*. Obtenido de http://www.bdigital.unal.edu.co/877/1/15372239_2009.pdf
- FINANZAS, E. Y. (2016). *ECONOMÍA Y FINANZAS*. Obtenido de <https://www.economiafinanzas.com/que-son-van-tir/>
- Kenbi. (2016). *Análisis Químicos*. Obtenido de http://www.kenbi.eu/kenbipedia_3.php

LIMA, U. D. (2017). Obtenido de

http://www.ulima.edu.pe/sites/default/files/news/file/citas_referencias_apa.pdf

LINDLEY, C. (2013). *SEDAPAL*. Obtenido de SEDAPAL:

http://www.sedapal.com.pe/c/document_library/get_file?uuid=e40225d0-8b2b-4967-9717-0196f761ee65&groupId=10154

MEF. (2017). *MINISTERIO DE ECONOMÍA Y FINANZAS*. Obtenido de

<https://www.mef.gob.pe/es/ejecucion-de-proyectos-de-inversion>

MINAM. (2008). *Ministerio del Ambiente*. Obtenido de [http://infocarbono.minam.gob.pe/wp-](http://infocarbono.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/06/Guia-N%C2%BA-6_Desechos_Efluentes-Industriales.pdf)

[content/uploads/2016/06/Guia-N%C2%BA-6_Desechos_Efluentes-Industriales.pdf](http://infocarbono.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2016/06/Guia-N%C2%BA-6_Desechos_Efluentes-Industriales.pdf)

SCRIB. (2015). *SCRIB*. Obtenido de [https://es.scribd.com/doc/250547048/Diseno-](https://es.scribd.com/doc/250547048/Diseno-Coagulador-y-Floculador)

[Coagulador-y-Floculador](https://es.scribd.com/doc/250547048/Diseno-Coagulador-y-Floculador)

SLIDESHARE. (2012). *SLIDESHARE*. Obtenido de

<https://es.slideshare.net/guillermo150782/coagulacion-y-floculacion>

UNICEN. (2010). *FIO UNICEN*. Obtenido de

http://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/segumar/a13-3/material/Efluentes_higiene.pdf

WIKILIBROS. (2017). *WIKILIBROS*. Obtenido de

https://es.wikibooks.org/wiki/Ingenier%C3%ADa_de_aguas_residuales/Tratamiento_f%C3%ADsico-qu%C3%ADmico

WIKIPEDIA. (2012). *WIKIPEDIA*. Obtenido de

<https://es.wikipedia.org/wiki/Floculaci%C3%B3n>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

Problema principal	Objetivo principal	Justificación	Hipótesis principal	Variables	Dimensiones	Indicadores	Tipo y Diseño
¿De qué manera la instalación de un dosificador químico influirá en la mejora del tratamiento de efluentes en el área PAMA de la empresa Proteicos Concentrados S.A.C?	Instalar el dosificador químico que permita la mejora del tratamiento de efluentes en el área PAMA de la empresa Proteicos Concentrados S.A.C	El presente trabajo se justifica porque permitirá que la empresa tenga un mayor impacto medioambiental al contribuir a la preservación de los recursos hidrobiológicos, ya que con la implementación del dosificador químico asegura el mejor tratamiento de los efluentes en la empresa Proteicos Concentrados S.A.C	Si se instala un dosificador químico , entonces; contribuirá a la mejora del tratamiento de efluentes en el área PAMA de la empresa Proteicos Concentrados S.A.C	X: Dosificador químico	Coagulación	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de sólidos totales disueltos - Reducción de mano de obra directa - Ambiente de trabajo 	Muestra: 200 L en modo manual, sugerido por INTEROC.S.A, empresa química de servicios industriales. Método: Esquema del proyecto en base del trabajo monográfico de FISI.
Problemas específicos	Objetivos específicos		Hipótesis específicos		Floculación	<ul style="list-style-type: none"> - Reducción de sólidos totales en suspensión - Reducción de mano de obra directa. - Ambiente de trabajo 	
¿De qué manera el desarrollo de la coagulación influye en la reducción de sólidos totales disueltos en el área PAMA de la empresa Proteicos Concentrados S.A.C?	Aplicar la coagulación que permitirá la reducción de sólidos totales disueltos en el área PAMA de la empresa Proteicos Concentrados S.A.C		Si se aplica la coagulación, entonces; permitirá la reducción de sólidos totales disueltos en el área PAMA de la empresa Proteicos Concentrados S.A.C	Y: Mejora del tratamiento de efluentes	Sólidos Totales Disueltos	<ul style="list-style-type: none"> - Calidad del efluente - Vertimiento de efluentes tratados 	
¿De qué manera el desarrollo de la floculación influye en la reducción de sólidos totales en suspensión en el área PAMA de la empresa Proteicos Concentrados S.A.C?	Emplear la floculación que permitirá la reducción de sólidos totales en suspensión en el área PAMA de la empresa Proteicos Concentrados S.A.C	Si se emplea la floculación, entonces; permitirá la reducción de sólidos totales en suspensión en el área PAMA de la empresa Proteicos Concentrados S.A.C	Sólidos Totales en Suspensión		<ul style="list-style-type: none"> - Calidad del efluente - Vertimiento de efluentes tratados 		

Anexo 2: Análisis de rentabilidad

DATOS INICIALES					
Empresa/Proyecto	IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE DOSIFICADOR QUÍMICO				
Inversión inicial	100,000.00				
Costes fijos anuales	117,300.90				
PERIODOS (AÑOS)	0	1	2	3	4
ENTRADAS		150,599.50	150,599.50	150,599.50	150,599.50
Producción Anual m3		2,650.00	2,650.00	2,650.00	2,650.00
Precio por m3		56.83	56.83	56.83	56.83
SALIDAS	100,000.00	117,300.90	117,300.90	117,300.90	117,300.90
Inversión	100,000.00				
Costes Fijos		85,284.50	85,284.50	85,284.50	85,284.50
Personal Administrativo		3,645.00	3,645.00	3,645.00	3,645.00
Personal Operativo		38,100.00	38,100.00	38,100.00	38,100.00
Costo Apropisco		43,539.50	43,539.50	43,539.50	43,539.50
Costes Variables		32,016.40	32,016.40	32,016.40	32,016.40
Insumo Floculador		5,291.52	5,291.52	5,291.52	5,291.52
Insumo Coagulador		11,922.88	11,922.88	11,922.88	11,922.88
Otros Insumos		4,770.00	4,770.00	4,770.00	4,770.00
Energía Eléctrica		10,032.00	10,032.00	10,032.00	10,032.00
FLUJOS DE CAJA	-100,000.00	33,298.60	33,298.60	33,298.60	33,298.60
		-66,701.40	-33,402.80	-104.20	33,194.40
TASA INTERNA DE RETORNO	12.54%				
VAN FINANCIERO	5,047.35				
VAN ECONÓMICO	33,194.40				

Anexo 3: Encuesta

ENCUESTA

Nombres y apellidos: _____

Edad: _____

Sexo: _____

Fecha de entrada: __ - __ - ____

Área: _____

Marque con una X la puntuación que considere más acorde según la siguiente escala.

(1 = Muy deficiente, 2 = Deficiente, 3 = Bueno, 4 = Sobresaliente, 5 = Excelente).

SITUACIÓN ACTUAL					
	1	2	3	4	5
Proceso actual de tratamiento de efluentes.					
Sólidos totales disueltos.					
Sólidos totales en suspensión.					
Calidad de coagulación.					
Calidad de floculación.					
Comentarios					

PROPUESTA					
	1	2	3	4	5
El dosificador químico mejora la coagulación del efluente.					
El dosificador químico mejora la floculación del efluente					
La mejora del efluente reduce los sólidos totales disueltos.					
La mejora del efluente reduce los sólidos totales en suspensión.					
El dosificador químico mejora el tratamiento de los efluentes industriales.					
Comentarios					