

**UNIVERSIDAD ESTATAL  
PENÍNSULA DE SANTA ELENA**



**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN PETRÓLEO**

**“OPTIMIZAR LA DOSIFICACIÓN DE HIPOCLORITO PARA CONTROLAR  
LA PROLIFERACIÓN DE MICROORGANISMOS QUE OBSTRUYEN  
EL PASO DEL AGUA DE MAR EN LOS INTERCAMBIADORES  
DE CALOR, EN EL ALMACENAMIENTO DE PROPANO  
Y BUTANO EN MONTEVERDE”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN PETRÓLEO**

**AUTOR: SANTIAGO ABEL SILVA TOMALÁ**

**TUTOR: ING. FAUSTO CARVAJAL ORRALA**

**LA LIBERTAD – ECUADOR**

**2015**

**UNIVERSIDAD ESTATAL  
PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN PETRÓLEO**

**“OPTIMIZAR LA DOSIFICACIÓN DE HIPOCLORITO PARA CONTROLAR  
LA PROLIFERACIÓN DE MICROORGANISMOS QUE OBSTRUYEN  
EL PASO DEL AGUA DE MAR EN LOS INTERCAMBIADORES  
DE CALOR, EN EL ALMACENAMIENTO DE PROPANO  
Y BUTANO EN MONTEVERDE”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

Previo a la obtención del Título de:

**INGENIERO EN PETRÓLEO**

**AUTOR: SANTIAGO ABEL SILVA TOMALÁ**

**TUTOR: ING. FAUSTO CARVAJAL ORRALA**

**LA LIBERTAD – ECUADOR**

2015

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de tutor del trabajo de investigación cuyo tema es **“OPTIMIZAR LA DOSIFICACIÓN DE HIPOCLORITO PARA CONTROLAR LA PROLIFERACIÓN DE MICROORGANISMOS QUE OBSTRUYEN EL PASO DEL AGUA DE MAR EN LOS INTERCAMBIADORES DE CALOR, EN EL ALMACENAMIENTO DE PROPANO Y BUTANO EN MONTEVERDE”** elaborado por el Sr. Santiago Abel Silva Tomalá, egresado de la Carrera de Ingeniería en Petróleo, Escuela de Ingeniería en Petróleo, Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingeniero en Petróleo, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes.

**Atentamente**

---

Ing. Fausto Carvajal Orrala

**Tutor**

## **CERTIFICACIÓN DEL GRAMATÓLOGO**

**C E R T I F I C O:** Que después de revisar el contenido del trabajo del señor SANTIAGO ABEL SILVA TOMALÁ, cuyo tema es **“OPTIMIZAR LA DOSIFICACIÓN DE HIPOCLORITO PARA CONTROLAR LA PROLIFERACIÓN DE MICROORGANISMOS QUE OBSTRUYEN EL PASO DEL AGUA DE MAR EN LOS INTERCAMBIADORES DE CALOR, EN EL ALMACENAMIENTO DE PROPANO Y BUTANO EN MONTEVERDE”**, quien consta como Egresado de la Carrera de Ingeniería en Petróleo, Escuela de Ingeniería en Petróleo, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, previo a la obtención del título de Ingeniero en Petróleo, este trabajo no presenta ningún error gramatical.

Por lo tanto puede ser expuesto ante el Tribunal respectivo.

La Libertad, 19 de mayo del 2015.

Dora Rodríguez De la Cruz  
**LICENCIADA EN  
CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN**

## **DECLARACIÓN**

Yo, Santiago Abel Silva Tomalá, declaro bajo juramento que el trabajo descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondiente a este trabajo a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

Santiago Abel Silva Tomalá

## **AGRADECIMIENTO**

Los resultados de este proyecto, están dedicados a todas aquellas personas que de alguna forma, son parte de su culminación.

A mi familia por siempre brindarme su apoyo, tanto moral como económico. A mis padres quienes a lo largo de toda mi vida han apoyado y motivado mi formación académica, creyeron en mí en todo momento y no dudaron de mis habilidades. A mis profesores a quienes les debo gran parte de mis conocimientos, gracias a su paciencia y enseñanza, y, finalmente un eterno agradecimiento a esta prestigiosa Universidad la cual abre sus puertas a jóvenes como yo, preparándonos para un futuro competitivo y formándonos como personas de bien.

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a DIOS, mis padres, a mi abuelo que de una u otra manera ha sido una inspiración de superación y trabajo, a mi hija que ha sido mi fuerza motriz para poder superar los obstáculos presentados a lo largo de este tiempo y seguir adelante para brindarle un mejor futuro, a amigos y compañeros que me incentivaron a culminar la carrera.

## **TRIBUNAL DE GRADO**

---

Ing. Ramón Muñoz Suárez  
**DECANO DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS DE LA INGENIERÍA**

---

Ing. Alamir Álvarez Loor  
**DIRECTOR DE LA ESCUELA DE  
INGENIERÍA EN PETRÓLEO**

---

Ing. Fausto Carvajal Orrala  
**PROFESOR DE ÁREA  
TUTOR**

---

Abg. Joe Espinoza  
**SECRETARIO GENERAL**



## ÍNDICE GENERAL

|                               |      |
|-------------------------------|------|
| PORTADA                       | I    |
| APROBACIÓN DEL TUTOR          | III  |
| CERTIFICACIÓN DEL GRAMATOLOGO | IV   |
| DECLARACIÓN                   | V    |
| AGRADECIMIENTO                | VI   |
| DEDICATORIA                   | VII  |
| TRIBUNAL DE GRADO             | VIII |
| ÍNDICE GENERAL                | IX   |
| ÍNDICE DE FIGURAS             | XIII |
| ÍNDICE DE TABLAS              | XIV  |
| ABREVIATURAS.                 | XV   |
| RESUMEN                       | XVI  |

### CAPÍTULO 1

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| 1.1. INTRODUCCIÓN                  | 1 |
| 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA    | 3 |
| 1.3. JUSTIFICACIÓN                 | 3 |
| 1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN | 4 |
| 1.4.1. OBJETIVO PRINCIPAL          | 4 |
| 1.4.2. OBJETIVOS SECUNDARIOS       | 4 |
| 1.5. HIPÓTESIS                     | 4 |
| 1.6. VARIABLES                     | 4 |
| 1.6.1. VARIABLE INDEPENDIENTE      | 5 |
| 1.6.2. VARIABLE DEPENDIENTE        | 5 |
| 1.7. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN  | 5 |

### CAPÍTULO 2

|  |    |
|--|----|
| 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA                              | 6  |
| 2.1. EL AGUA.  | 6  |
| 2.1.1. EL AGUA DE MAR                                  | 7  |
| 2.2. PROPANO.  | 8  |
| 2.3. BUTANO  | 9  |
| 2.4. HIPOCLORITO DE SODIO (NAOCL)                      | 9  |
| 2.4.1. UNIDAD DE GENERACIÓN DE HIPOCLORITO DE SODIO    | 10 |
| 2.5. ACERO INOXIDABLE DUPLEX                           | 10 |
| 2.6. PRESIÓN.  | 10 |
| 2.6.1. PRESIÓN ABSOLUTA Y PRESIÓN RELATIVA O EFECTIVA. | 11 |
| 2.6.1.1. PRESIÓN ABSOLUTA                              | 12 |
| 2.6.1.2. PRESIÓN EFECTIVA O RELATIVA                   | 12 |
| 2.7. TEMPERATURA.                                      | 12 |
| 2.8. INTERCAMBIADORES DE CALOR.                        | 13 |
| 2.9. EL ELECTRÓN                                       | 18 |
| 2.10. VOLTAJE  | 18 |
| 2.11. ELECTROLISIS                                     | 18 |
| 2.12. AMPERAJE   | 19 |

|   |    |
|---|----|
| 2.13. CAUDAL  | 19 |
| 2.14. DOSIFICACIÓN                                  | 19 |
| 2.15. BACTERIAS MARINAS                             | 19 |
| 2.16. ZOOPLANCTON                                   | 20 |
| 2.17. FITOPLANCTON                                  | 20 |
| 2.18. SUBSUPERFICIAL                                | 20 |
| 2.19. TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE PROPANO Y BUTANO | 20 |
| 2.20. FILTROS (AGUA SALADA)                         | 21 |
| 2.21. BOMBAS  | 21 |

### **CAPÍTULO 3**

|  |    |
|--|----|
| 3. CONSIDERACIONES GENERALES   | 22 |
| 3.1. ANTECEDENTES  | 22 |
| 3.2. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO  | 23 |
| 3.2.1. UBICACIÓN Y CONDICIONES DEL SITIO                                 | 23 |
| 3.2.1.1. CONDICIONES DEL SITIO   | 23 |
| 3.2.1.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA  | 25 |
| 3.2.1.3. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA A TRATAR                               | 26 |
| 3.3. BOMBAS DE CAPTURA DE AGUA DE MAR                                    | 28 |
| 3.3.1. CARACTERÍSTICAS DEL PROCESO INSTALADO                             | 28 |
| 3.3.1.1. MECANISMOS DE ACCIÓN DE CONTROL DEL PROCESO                     | 33 |
| 3.4. EQUIPOS Y TÉCNICAS DE MEDICIÓN                                      | 35 |
| 3.4.1. CONTEO DE MATERIA ORGÁNICA EN LOS LÍMITES DE BACTERIA DEL PROCESO | 35 |
| 3.5. CÁLCULO DE CONCENTRACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA                        | 35 |
| 3.5.1. ANÁLISIS DE ZOOPLACTON  | 36 |
| 3.5.2. ANÁLISIS DE FITOPLACTON   | 37 |
| 3.6. CÁLCULO DE CONCENTRACIÓN DE ADITIVO                                 | 39 |
| 3.6.1. CÁLCULO DEL TIEMPO DE RESIDENCIA                                  | 39 |
| 3.6.2. CÁLCULO DE CONCENTRACIÓN DE ADITIVO                               | 41 |
| 3.7. EVALUACIÓN DE TÉCNICA DE MEDICIÓN.                                  | 47 |
| 3.8. MODIFICACIONES PROPUESTAS   | 47 |

### **CAPÍTULO 4**

|   |    |
|---|----|
| 4. PROPUESTAS DE LAS MEJORAS AL SISTEMA   | 49 |
| 4.1. INTRODUCCIÓN   | 49 |
| 4.2. EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE MEZCLADO   | 52 |
| 4.3. DETERMINACIÓN DE LOS EQUIPOS Y SISTEMAS ADICIONALES REQUERIDOS                 | 53 |
| 4.3.1. OPORTUNIDADES DE MEJORA  | 54 |
| 4.3.1.1. SISTEMA DE DOSIFICACIÓN A CARGA COMPARTIDA.                                | 55 |
| 4.3.1.2. SISTEMAS DE DOSIFICACIÓN UNIFORME (ÚNICA).                                 | 57 |
| 4.3.1.3. SISTEMA DE DOSIFICACIÓN MEDIANTE COMBINACIÓN DE NIPLES COSASCOS Y VENTURI. | 58 |
| 4.3.1.4. SISTEMA EXISTENTE INALTERABLE.   | 59 |
| 4.4. DETERMINACIÓN DEL FLUJO NOMINAL DE HIPOCLORITO Y SU CONCENTRACIÓN              | 60 |
| 4.4.1. PARA DETERMINAR EL FLUJO NOMINAL DEL HIPOCLORITO                             | 60 |
| 4.4.2. DEFINICIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DE TÉCNICAS DE MUESTREO.                        | 62 |
| 4.4.3. DEFINICIÓN DE GARANTÍA DE RESULTADOS OBTENIDOS.                              | 63 |

|   |    |
|---|----|
| 4.5. EVALUACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO. _____                    | 63 |
| 4.6. ELECCIÓN DEL SISTEMA PARA OPTIMIZAR LA DOSIFICACIÓN. _____ | 66 |

## **CAPÍTULO 5**

|   |    |
|---|----|
| 5. REVISIÓN DE COSTOS DE IMPLANTACIÓN DE MEJORA _____   | 72 |
| 5.1. COSTOS SIN MEJORA _____  | 72 |
| 5.1.1. ÍNDICES ECONÓMICOS, COSTOS BENEFICIOS. _____   | 73 |
| 5.1.1.1. ANÁLISIS ACTUAL DE COSTO MANTENIENDO PERIÓDICO DE FILTROS E INTERCAMBIADORES DE CALOR. _____   | 73 |
| 5.1.1.2. ANÁLISIS DE COSTO DE LIMPIEZA POR TAPONAMIENTO EN LOS FILTROS E INTERCAMBIADORES DE CALOR _____  | 77 |
| 5.2. COSTOS DE IMPLEMENTAR MEJORA _____   | 80 |
| 5.2.1. IMPLEMENTACIÓN DE MEJORA EN LA DOSIFICACIÓN. _____   | 80 |
| 5.2.1.1. ANÁLISIS DE COSTO DE LIMPIEZA POR TAPONAMIENTO EN LOS FILTROS E INTERCAMBIADORES DE CALOR (ENVÍO DE GAS DESDE EL BUQUE Q PLANTA) _____ | 82 |
| 5.2.1.2. COSTO DE REPARACIÓN DEL TAPONAMIENTO DE FILTROS E INTERCAMBIADORES. _____  | 83 |
| 5.2.1.3. CUADRO COMPARATIVO. _____  | 86 |

## **CAPÍTULO 6**

|  |    |
|--|----|
| 6. IMPACTO AMBIENTAL _____   | 91 |
| 6.1. ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL DE LA IMPLANTACIÓN DE LA MEJORA DE PLANTA. _____                        | 91 |
| 6.2. EFECTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA MEJORA, SOBRE LAS CORRIENTES MARINAS DEL GOLFO DE MONTEVERDE. _____ | 92 |
| 6.3. ENTIDAD AMBIENTAL DE CONTROL _____  | 93 |
| 6.4. IMPACTO AMBIENTAL _____   | 94 |
| 6.5. OPTIMIZACIÓN Y/O MATRIZ DE DECISIONES _____   | 94 |
| 6.6. LABORATORIO ACREDITADO _____  | 95 |
| 6.7. MUESTRA PUNTUAL _____   | 95 |

## **CAPÍTULO 7**

|   |    |
|---|----|
| 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES _____ | 96 |
| 7.1. CONCLUSIONES _____                 | 96 |
| 7.2. RECOMENDACIONES _____              | 97 |

|                    |    |
|--------------------|----|
| BIBLIOGRAFÍA _____ | 98 |
|--------------------|----|

## **ANEXOS**

|  |     |
|--|-----|
| ANEXO 1 CÁLCULO DEL SISTEMA DE DOSIFICACIÓN EN LÍNEA (INCLUYE ESQUEMA PLANTEADO) ____  | 99  |
| ANEXO 2 FOTOS DE EQUIPO Y ÁREA EN EL ANÁLISIS DE PPM DE NAOCL EN LA PLANTA DE TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE GAS EN MONTEVERDE _____               | 101 |
| ANEXO 3 RESULTADO DEL ANÁLISIS FITOPLANCTON _____  | 103 |
| ANEXO 4 RESULTADO ANÁLISIS ZOOPLANCTON _____   | 108 |
| ANEXO 5 UBICACIÓN GEOGRÁFICA REFERENCIAL (UTM) DE LOS PUNTOS DE MUESTREO DE LA CONCENTRACIÓN DE ESPECIES MARINAS EN EL PROYECTO “MONTEVERDE” _____ | 109 |
| ANEXO 6 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE ZOOPLANCTON EN EL AGUA DE MAR, DEL 28 DE OCTUBRE DEL 2011, REALIZADAS POR LAB-PSI AGUAS- Y SUELOS. _____        | 110 |

|   |     |
|---|-----|
| ANEXO 7 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE FITOPLANCTON EN EL AGUA DE MAR, DEL 28 DE OCTUBRE<br>DEL 2011, REALIZADAS POR LAB-PSI AGUAS- SUELOS. _____ | 111 |
| ANEXO 8 RESULTADO DEL ANÁLISIS ZOOPLANCTON MONTEVERDE _____   | 113 |
| ANEXO 9 RESULTADO DEL ANÁLISIS ZOOPLANCTON MONTEVERDE _____   | 114 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| FIGURA 1. MOLÉCULA DEL AGUA  | 6  |
| FIGURA 2. INTERCAMBIADORES DE CALOR  | 16 |
| FIGURA 3. ESQUEMA DE LA CIRCULACIÓN DE LOS FLUIDOS EN UN INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS.                      | 17 |
| FIGURA 4. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LA PLANTA DE TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE GAS LICUADO DE PETRÓLEO.           | 25 |
| FIGURA 5. BOMBA VERTICAL UTILIZADA PARA CAPTACIÓN DE AGUA DE MAR   | 28 |
| FIGURA 6. ESQUEMA GENERAL DE LOS COMPONENTES DEL PAQUETE DE HIPOCLORITO  | 30 |
| FIGURA 7. ESQUEMA OPERATIVO DEL PAQUETE DE INYECCIÓN DE HIPOCLORITO  | 33 |
| FIGURA 8. CONCENTRACIÓN DE HIPOCLORITO DE SODIO EN FUNCIÓN DE AMPERAJE APLICADO                                  | 41 |
| FIGURA 9. DIAGRAMA DE CIRCULACIÓN DEL AGUA DE MAR MEZCLADO CON HIPOCLORITO DE SODIO                              | 43 |
| FIGURA 10. RESULTADO DEL ANÁLISIS EN LA SALIDA DE FILTROS (AGUAS ARRIBA)   | 44 |
| FIGURA 11. RESULTADO DEL ANÁLISIS EN LA ENTRADA AL SISTEMA (AGUAS ARRIBA)  | 45 |
| FIGURA 12. RESULTADO DEL ANÁLISIS EN PUNTO BAJO PDI-03022 (AGUAS ARRIBA).  | 45 |
| FIGURA 13. RESULTADO DEL ANÁLISIS EN INTERCAMBIADORES DE CALOR GRUPO DE FRÍO (AGUAS ARRIBA)                      | 46 |
| FIGURA 14. RESULTADO DEL ANÁLISIS EN SALIDA DE AGUA AL MAR (AGUAS ARRIBA).                                       | 46 |
| FIGURA 15. SISTEMA DE DOSIFICACIÓN COMPARTIDA.   | 56 |
| FIGURA 16. SISTEMA DE DOSIFICACIÓN UNIFORME  | 58 |
| FIGURA 17. SISTEMA DE DOSIFICACIÓN MEDIANTE COMBINACIÓN DE NIPLES COSASCOS Y VENTURI (MEZCLADORES TIPO VENTURI). | 59 |
| FIGURA 18. SISTEMA EXISTENTE INALTERABLE   | 60 |
| FIGURA 19. DIAGRAMA DE LOS PUNTOS DE MUESTREO EN LA PLANTA DE GENERADORA DE HIPOCLORITO DE SODIO                 | 64 |
| FIGURA 20. PUNTOS DE MUESTREO EN EL SISTEMA DE CIRCULACIÓN DE AGUA DE MAR  | 65 |
| FIGURA 21. FILTROS DE LAS BOMBAS DE CAPTURA DE AGUA DE MAR, CUBIERTA CON MATERIA ORGÁNICA.                       | 67 |
| FIGURA 22. FILTROS DE LAS BOMBAS DE CAPTURA DE AGUA DE MAR, CUBIERTA CON MATERIA ORGÁNICA.                       | 67 |
| FIGURA 23. CORTE DE TUBERÍA DÚPLEX, CON MATERIA ORGÁNICA ADHERIDA.   | 68 |
| FIGURA 24. CORTE DE TUBERÍA DÚPLEX, CON MATERIA ORGÁNICA ADHERIDA.   | 68 |
| FIGURA 25. CORTE DE TUBERÍA DÚPLEX, CON MATERIA ORGÁNICA ADHERIDA.   | 69 |
| FIGURA 26. CORTE DE TUBERÍA DÚPLEX, CON MATERIA ORGÁNICA ADHERIDA  | 69 |
| FIGURA 27. COSTOS POR MANTENIMIENTO EN FILTROS E INTERCAMBIADORES DE CALOR                                       | 76 |
| FIGURA 28. COSTOS DE LIMPIEZA DE TAPONAMIENTO DE FILTROS E INTERCAMBIADORES                                      | 79 |
| FIGURA 29. COSTOS REFERENCIALES DE IMPLEMENTACIÓN DE LA MEJORA DEL SISTEMA                                       | 85 |
| FIGURA 30. COMPARATIVO ENTRE EL SISTEMA ACTUAL E IMPLEMENTACIÓN DE LA MEJORA.                                    | 90 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| TABLA 1. COMPOSICIÓN DE SOLUTOS SÓLIDOS DEL AGUA DEL MAR, CADA UNO EXPRESADO COMO PORCENTAJE DEL TOTAL-----  | 7  |
| TABLA 2. CONDICIONES DEL SITIO -----   | 23 |
| TABLA 3 TEMPERATURA AMBIENTAL -----  | 24 |
| TABLA 4 FRECUENCIA Y DIRECCIÓN DEL VIENTO -----  | 24 |
| TABLA 5 PRECIPITACIONES (MM): -----  | 25 |
| TABLA 6. DATOS DEL AGUA DE MAR -----   | 26 |
| TABLA 7. COMPOSICIÓN QUÍMICA PROMEDIO DEL AGUA DE MAR -----  | 27 |
| TABLA 8. UBICACIÓN GEOGRÁFICA REFERENCIAL (UTM) DE LOS PUNTOS DE MUESTREO DE LA CONCENTRACIÓN DE ESPECIES MARINAS EN EL PROYECTO “MONTEVERDE”----- | 38 |
| TABLA 9. RESULTADOS FÍSICOS - QUÍMICOS DEL AFLUENTE -----  | 38 |
| TABLA 10. CÁLCULOS DE TIEMPOS DE RESIDENCIA -----  | 41 |
| TABLA 11. RESULTADO DE LOS ANÁLISIS DE % DE PPM DE HIPOCLORITO DE SODIO EN LA PLANTA. 44   |    |
| TABLA 12. VALORES DE DISEÑO DEL FABRICANTE -----   | 52 |
| TABLA 13. EQUIPOS DINÁMICOS DEL PAQUETE DE HIPOCLORITO EN MONTEVERDE -----   | 53 |
| TABLA 14. MUESTREO EN LA PLANTA GENERADORA DE HIPOCLORITO DE SODIO.-----   | 61 |
| TABLA 15. IDENTIFICACIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO EN EL SISTEMA DE CIRCULACIÓN DE AGUA DE MAR -----   | 62 |
| TABLA 16. MÉTODOS RECOMENDADOS DE ANÁLISIS DE LABORATORIO -----  | 63 |
| TABLA 17. CUADRO DE COSTOS EN EL PRIMER AÑO DE IMPLEMENTACIÓN DE MEJORA. -----   | 86 |
| TABLA 18. CUADRO DE COSTOS EN EL SEGUNDO AÑO DE IMPLEMENTACIÓN DE MEJORA. -----  | 88 |
| TABLA 19 NORMAS TÉCNICAS AMBIENTALES PARA LA PREVENCIÓN Y CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN AMBIENTAL PARA LOS SECTORES DE INFRAESTRUCTURAS-----         | 91 |

## ABREVIATURAS

- Ups: Unidades prácticas de salinidad.
- DBO<sub>5</sub>: Cantidad de oxígeno requerida para la degradación bioquímica de la materia orgánica en un tiempo de 5 días.
- Ug-at/l: Microgramos átomos por litro. Unidad de concentración utilizada para los nutrientes (fosfato, nitratos y nitritos).
- Ug: unidad de masa equivalente a una millonésima parte de un gramo.
- NaOCl: Hipoclorito de sodio.
- Cl: Cloro.
- Ppm: Partes por millón.
- AC: Corriente alterna.
- DC: Corriente directa.
- GLP: Gas licuado de petróleo.

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad controlar la proliferación de los microorganismos dentro de los filtros, tuberías e intercambiadores de calor, a través del mejoramiento e inyección de hipoclorito líquido diluido en agua de mar, mediante un análisis y estudio adecuado, para evaluar la concentración óptima en el sistema de circulación de agua de mar utilizada con el fin de intercambiar calor en el gas. Dentro de la ejecución de este trabajo de tesis se realizó un análisis de ppm de NaOCl dentro del recorrido de agua de mar por todo el sistema de circulación que va hacia los intercambiadores de calor y regresa al mar, notándose que en cada punto la medida de ppm de hipoclorito sube con respecto a la medida del punto anterior, por lo que se puede apreciar que no existe una mezcla adecuada de la dosificación que se envía para controlar la proliferación de las bacterias marinas. En el proceso actual, la dosificación del hipoclorito de sodio es inyectado al mar cerca de los filtros de las bombas, por lo que no se aprovecha el 100% de la dosificación, a esto se le incluye las corrientes marinas, que al momento de inyectar hipoclorito de sodio en el agua de mar hacen dispersar el mismo, existiendo una mezcla incompleta entre ambos, por tal razón los microorganismos sobreviven con la actual dosificación. Para disminuir esta proliferación debe emplear la dosificación compartida; esto se determina a través de una serie de análisis detallados en el desarrollo de la presente tesis, además de contribuir con el cuidado de los filtros, tuberías e intercambiadores de calor. Con la implementación de la dosificación compartida y la reducción de los mantenimientos periódicos en comparación con la actual dosificación existirá una disminución de costos del 90% al segundo año de implementarla.



## **CAPITULO I**

### **1.1.INTRODUCCIÓN**

La Planta de Almacenamiento de GLP está ubicada en la Provincia de Santa Elena (limitada por la provincia de Guayas al norte, este y sur, y el Océano Pacífico al oeste), en la localidad de Monteverde, a 40 Km. al norte de la ciudad de Salinas y a 27 Km de la ciudad de Santa Elena. El Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento cuenta con capacidad de 95000 m<sup>3</sup> de almacenamiento refrigerado en 4 tanques y 9600 m<sup>3</sup> de capacidad de almacenamiento presurizado de GLP en 3 esferas y 2 tanques presurizados.

Los productos propano comercial y butano comercial, son recibidos desde el buque refrigerado (a baja presión) y descargados separadamente. La planta tiene capacidad de calentar y mezclar propano y butano para producir GLP. El Terminal de Monteverde puede también, eventualmente, transportar a los buques el propano y el butano refrigerados.

Los tanques de almacenaje de propano refrigerado tienen un sistema de recuperación de vapores, dado que este elemento se encuentra en estado de vapor en condiciones de presión y temperatura ambiente y debido a ello el producto tiende a evaporarse. Estos vapores se recuperan, comprimen y se vuelven a enfriar antes de retornar al tanque.

Los tanques de almacenaje de butano refrigerado a su vez cuentan con un sistema de bombeo para recirculación y enfriamiento, para retorno de producto subenfriado al tanque para evitar la generación de vapores.

El Terminal cuenta con sistemas de intercambio de calor, cuya función principal es la captación de agua de mar, para proveer el medio de intercambio térmico de los intercambiadores de propano y butano, cediendo calor posteriormente al grupo de frío. Por naturaleza, el agua de mar es extremadamente corrosiva a muchos materiales.

La planta cuenta con una unidad de desinfección del agua marina, usando hipoclorito para este efecto, para prevenir la incrustación de las formaciones de microorganismo propios del mar, en las tuberías del sistema, al mismo para esterilizar y eliminar dichas incrustaciones.

La unidad de cloración será un sistema cerrado del tipo no re-circulante, debe poder manejar el caudal máximo del fluido dosificado a la concentración final, definida en las hojas de datos y combatir crecimientos de cuerpos marinos con tratamiento severo intermitente, inyectando concentraciones más altas del fluido dosificante. La unidad recibirá agua salada oxigenada de filtros de 500 micras.

Incluye también un sistema de cooldown que permite mantener las condiciones de baja temperatura en las líneas de ingreso de producto refrigerado a la planta, de manera continua a través del bombeo de propano durante los períodos de tiempo en que no hay descarga o envío de producto al buque. Además se encuentran los sistemas auxiliares: de purificación de diesel, de agua potable, de aire comprimido, de

nitrógeno, de venteos, de inyección de etanol, de inyección de odorizante y de tratamiento de efluentes.

## **1.2.PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

En los filtros de las bombas, en la tubería y en los intercambiadores de calor, se presentan incrustaciones y posterior crecimiento de microorganismos marinos que han logrado pasar por la dosificación o inyección del hipoclorito, haciendo que existan taponamientos dentro de los intercambiadores de calor, debiendo realizarse mantenimientos continuos para evitar este taponamiento.

## **1.3.JUSTIFICACIÓN**

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad controlar la proliferación de los microorganismos dentro de los filtros, tubería e intercambiadores de calor, a través del mejoramiento de inyección de hipoclorito líquido diluido en agua de mar. Esto, con un análisis correctoy un estudio adecuado, se podrá evaluar y obtener la concentración óptima para el sistema de circulación de agua de mar utilizada para intercambiar calor en el gas.

## **1.4.OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.4.1 Objetivo principal**

- Controlar la proliferación de los microorganismos dentro de los filtros, tuberías e intercambiadores de calor, inyectando de mejor manera el hipoclorito líquido diluido al agua de mar, mediante el análisis de la dosificación del mismo.

### **1.4.2 Objetivos secundarios**

- Recabar información de materia orgánica que está presente en el agua de mar utilizada en el proceso mediante el análisis de la microbiología de una muestra de agua marina.
- Establecer los materiales utilizados en el sistema de captura de agua de mar.
- Evaluar la concentración adecuada del hipoclorito de sodio (NaOCl) y hacer los respectivos ajustes o cambios técnicos al proceso, para controlar la materia orgánica presente en el agua de mar.

## **1.5.HIPÓTESIS**

Al realizar un estudio de los problemas presentes en el sistema de hipoclorito, se establecería la dosificación e inyección correcta, la misma que ayudaría a disminuir y controlar las incrustaciones de la materia orgánica presente en el agua de mar, dentro del sistema de captación de agua.

## **1.6.VARIABLES**

### **1.6.1 Variable independiente**

Estudio de los problemas presentes del sistema de hipoclorito.

### **1.6.2 Variable dependiente**

Dosificación e inyección correcta para controlar la materia orgánica en el agua de mar.

## **1.7.METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN**

En el presente trabajo investigativo se empleará el método analítico, el mismo que permite elaborar una síntesis de los elementos más importantes utilizados como base en el marco teórico de la investigación, extraída de diversas fuentes.

Se realizará el análisis de la microbiología de una muestra de agua marina, para la caracterización biológica y la concentración adecuada, y de esta manera controlar todos los microorganismos; una vez determinada se procedería a evaluar todo lo que se requiere para conseguirla y hacer los respectivos ajustes o cambios técnicos al proceso.

## CAPITULO II

### 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

#### 2.1. EL AGUA

Constituye el medio natural de mayor incidencia como factor condicionante y desencadenadamente en la aparición de inestabilidad. Dada las diversas formas cómo influye el agua en la zona de Monteverde, se describen los defectos que ésta produce según su continuidad.

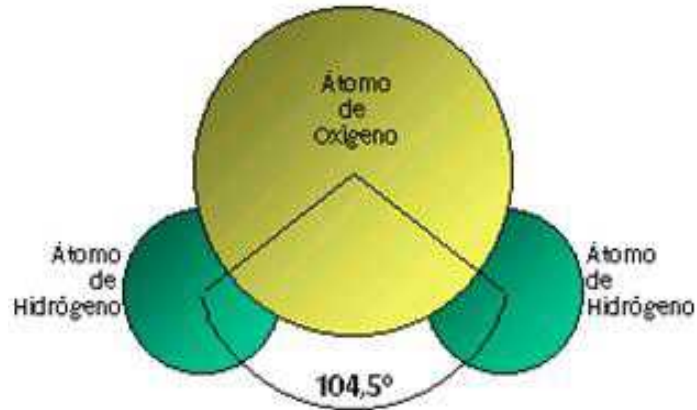


Figura 1. Molécula del Agua

Fuente: Aplicación del Proceso de ósmosis inversa al tratamiento de agua salobre<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Aplicación del Proceso de ósmosis inversa al tratamiento de agua salobre

### 2.1.1. El agua de mar

El agua de mar es la que se puede encontrar en los océanos y mares de la Tierra. Es salada por la concentración de sales minerales disueltas que contiene, un 3,5% como media, entre las que predomina el cloruro sódico. El océano contiene un 97,25% del total de agua que forma la hidrosfera.

El líquido marino es una disolución en agua (H<sub>2</sub>O) de muy diversas sustancias. Hasta los 2/3 de los elementos químicos naturales están presentes en el agua de mar, aunque la mayoría sólo como trazas. Seis componentes, todos ellos iones, dan cuenta de más del 99% de la composición de solutos. Los más abundantes se muestran en la tabla 1.

| ANIONES  |        | CATIONES                      |       |
|--|--------|-------------------------------|-------|
| Cloruro (Cl <sup>-</sup> )                     | 55,29  | Sodio (Na <sup>+</sup> )      | 30,75 |
| Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )       | 7,75   | Magnesio (Mg <sup>2+</sup> )  | 3,7   |
| Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )   | 0,41   | Calcio (Ca <sup>2+</sup> )    | 1,18  |
| Bromuro (Br <sup>-</sup> )                     | 0,19   | Potasio (K <sup>+</sup> )     | 1,14  |
| Flúor (F <sup>-</sup> )                        | 0,0037 | Estroncio (Sr <sup>2+</sup> ) | 0,022 |
| Molécula no disociada                          |        |                               |       |
| Ácido bórico (H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> ) |        |                               | 0,076 |

Tabla 1. Composición de solutos sólidos del agua del mar, cada uno expresado como porcentaje del total  
Fuente: Aplicación del proceso de ósmosis inversa al tratamiento de agua salobre<sup>2</sup>

El oleaje también puede contribuir como factor desestabilizador de los terrenos del perfil del litoral y las obras que se construyan en ese sector.

<sup>2</sup> Aplicación del proceso de ósmosis inversa al tratamiento de agua salobre

Debido a la refracción de las olas por el cambio de la dirección de sus frentes, se producen corrientes de masa de agua muy significativas y tiene la tendencia de erosionar la playa y sector cercano al perfil del litoral.

## **2.2. PROPANO**

Es un hidrocarburo compuesto de hidrógeno y carbono, que se extrae tanto del petróleo, en las operaciones de refino, o del gas natural y gases asociados, en los yacimientos de petróleos.

En su estado natural es gaseoso, pero sometido a temperaturas ambientes a baja presión se licua, llegando a reducir su volumen hasta 250 veces, lo que hace posible una mejor manipulación, almacenamiento y transporte.

El propano en estado gaseoso pesa el doble que el aire y en estado líquido la mitad del peso del agua. Forma parte de las energías de más alto poder calorífico y puede alcanzar una temperatura de llama de unos 1900°C en aire y de 2800 °C en oxígeno.

Para que pueda tener una combustión óptima, debe siempre permanecer en su estado gaseoso. Como a partir de 44° bajo cero se licuan, es idóneo para las instalaciones al aire libre y en zonas frías donde nunca llega a licuarse.

Debido a que el gas propano es inodoro e incoloro en su estado natural, como medida de seguridad se le agregan derivados de azufre, para detectar las posibles fugas gracias a ese olor particular.



Otra característica importante del propano es que no es tóxico, su combustión es limpia, no produce humo ni hollín y preserva el medio ambiente.

### **2.3.BUTANO**

También llamado n-butano; es un hidrocarburo saturado perteneciente a la familia de los alcanos, presentando en su fórmula 4 átomos de carbono y 10 de hidrógeno,  $C_4H_{10}$ . Entre sus usos se encuentra el empleo como combustible llamado butano comercial (gas licuado), obtenido por destilación fraccionada del petróleo.

### **2.4. HIPOCLORITO DE SODIO (NAOCL)**

Es miembro de una familia de unos productos químicos con poderosas propiedades oxidantes llamados “Compuesto de cloro activo” (también a menudo llamado cloro disponible). Estos compuestos tienen propiedades similares al cloro, pero son relativamente seguros de manejar.

El término cloro activo se refiere al cloro liberado por la acción de ácidos diluidos en solución y se expresa como la cantidad de cloro, teniendo el mismo poder oxidante como cloro en solución.

Es un agente oxidante y es el derivado del cloro más empleado en la desinfección del agua de pequeños abastecimientos.

### **2.4.1. Unidad de generación de Hipoclorito de Sodio**

La unidad de generación de hipoclorito, produce el cloro en forma de hipoclorito sódico por electrólisis del agua salada, sin que exista ningún peligro en su manejo y aplicación. Es elaborado a una concentración baja que no afecta ni al operador ni al medio ambiente, utilizado en la esterilización y la eliminación de las algas para el agua de enfriamiento; previene la formación de incrustaciones marinas en tuberías de refrigeración que usen agua de mar, es un sistema útil, seguro y libre de problemas de mantenimiento, sin problemas de manejo del cloro, gas, ni sus peligros de almacenamiento.

### **2.5. ACERO INOXIDABLE DUPLEX**

Los aceros inoxidable dúplex son una familia que combina buena resistencia y facilidad de fabricación. Sus propiedades físicas se sitúan entre los aceros inoxidable austeníticos y ferríticos, pero con tendencia a estar próximo a los de los aceros ferrítico y aceros al carbono.

Todos tienen una resistencia a la corrosión bajo tensiones en presencia de cloruros muy superior a la de los aceros inoxidable austeníticos, además de una buena ductilidad y tenacidad

### **2.6. PRESIÓN**

Es el resultado de dividir una fuerza por la superficie sobre la cual esta aplicada.

La fórmula está dada por:

$$P=F/S$$

Dónde:

P= Presión

F= Fuerza

S= Superficie

Presión Estática

Los líquidos y los gases, ejercen una presión sobre las paredes del recipiente que los contiene, siendo la presión debido a la fuerza que hace el fluido sobre dichas paredes.

**Presión estática.-** Los líquidos y los gases ejercen presión sobre las paredes del recipiente, que los contiene, siendo esta la presión debido a la fuerza que hace el fluido sobre dichas paredes.

**Presión atmosférica.-**Esta es debido al peso de la capa del aire que rodea la superficie de la tierra. La presión atmosférica varía de un momento a otro y de una localidad a otra. Cuando es medida en una determinada localidad y en un momento determinado se llama presión atmosférica local.

### **2.6.1. Presión absoluta y presión relativa o efectiva**

Existen dos escalas que permiten medir las presiones en un fluido:

-Absoluta; y,

-Relativa o efectiva

### **2.6.1.1. Presión absoluta**

En un recinto en el cual se realiza un vacío perfecto extrayendo todas las moléculas del gas que contenga, la presión sería 0, por lo que no existiría presión. La escala absoluta de presiones toma como origen la presión en el vacío absoluto. No pueden existir presiones absolutas negativas, todas las presiones absolutas son superiores a 0.

### **2.6.1.2. Presión efectiva o relativa**

Toma como origen la presión atmosférica local. Las presiones relativas o efectivas pueden ser positivas o negativas, según sean inferiores o superiores a la presión atmosférica local.

Cuando la presión relativa es superior a la presión atmosférica local se puede deducir que hay una sobrepresión, y si es inferior que hay una depresión

## **2.7. TEMPERATURA**

Se deriva de la idea de medir calor o frialdad relativos y de la observación de que el suministro de calor a un cuerpo conlleva a un aumento de su temperatura mientras no se produzca la fusión o la ebullición. En el caso de dos cuerpos que no tengan temperaturas iguales, el calor se transfiere del más caliente al más frío, hasta que sus temperaturas sean idénticas y se alcance el equilibrio térmico. La temperatura es la propiedad de un cuerpo.

La temperatura tiene que medirse a partir de los otros cambios en las propiedades de una sustancia. El termómetro de mercurio mide la dilatación de la columna de la misma, en una capilar de vidrio, ya que la variación de la longitud de esta columna está relacionada con el cambio de temperatura. Si se suministra calor a un gas ideal dentro de un recipiente de volumen constante, la presión aumenta y el cambio de temperatura puede determinarse a partir del cambio en la presión según la ley de Gay-Lussac, siempre que la temperatura se exprese en la escala absoluta.

### **Unidades de temperatura**

En los países anglosajones aún se emplea una de las primeras escalas de medición de la temperatura diseñada por el físico alemán Gabriel Daniel Fahrenheit. Según esta escala, a la presión atmosférica normal, el punto de solidificación del agua (y de fusión del hielo) es de 32 °F.y el punto de ebullición es 212 °F. El astrónomo sueco Anders Celsius ideó la escala centígrada o Celsius, utilizada en casi todo el mundo, y le da un valor de 0°C.al punto de congelación del agua y de 100°C.al punto de ebullición. La más empleada en la ciencia es la absoluta o llamada Kelvin, inventada por William Thomson, lord Kelvin en esta siguiente escala el cero absoluto, que está situado en -273,15 °C.corresponde a 0 °K.

## **2.8. INTERCAMBIADORES DE CALOR**

Son aparatos cuyo objetivo es llevar una corriente de fluido a una temperatura determinada, calentándola o refrigerándola mediante otra corriente de fluido calentador o refrigerante. Los fluidos circulan separados por una superficie, metálica o no, en el que intercambian calor. Se emplean mucho en la industria química y petroquímica para situar las distintas corrientes de fluidos a su nivel térmico adecuado y para conseguir el máximo ahorro de energía posible. Para ello se integran

las distintas corrientes de fluidos entre si, enlazando corrientes a calentar con corrientes a enfriar, de modo que el consumo de energía adicional sea el mínimo.

Los factores principales a tener en cuenta en la elección de un tipo dado de intercambiador para un servicio concreto son las siguientes:

- Temperatura de trabajo y estado(vapor o líquido) de los fluidos.
- Presiones de las corrientes y pérdidas de presión admisible.
- Caudales de los fluidos.
- Posibilidad de suciedad en el aparato: las incrustaciones o depósitos de suciedad actúan como una resistencia al paso del calor, dificultándolo.
- Acción corrosiva de los fluidos.
- Espacio disponible para la instalación del aparato.

De acuerdo a la información anterior se puede escoger un intercambiador de calor entre los tipos que se describen a continuación:

**Intercambiador de calor de doble tubo.-** Constituido de dos tubos concéntricos, por lo que circula un fluido en el interior del tubo interior y otro por el espacio anular, intercambian calor a través de la pared que separa los dos fluidos. Se usan para intercambiar pequeños caudales de calor (Figura 2.3 [a]).

**Intercambiadores de calor entre carcasa y tubos.-** Están compuestos por una carcasa cilíndrica en cuyo interior se dispone un haz de tubos de pequeño diámetro, paralelamente al eje del cilindro. Un fluido circula por el interior de los tubos, mientras que un segundo fluido circula por el interior de la carcasa bañando los tubos del haz por su pared exterior. Es un tipo de dispositivo de uso frecuente en la

industria y se presenta en varios modelos, distintos entre si, según las aplicaciones. En los extremos del haz de los tubos se disponen los cabezales del intercambiador que, mediante unas placas apropiadamente dispuestas, obligan al fluido que circula por el interior de los tubos a recorrer un camino sinuoso por el haz de los tubos (Figura 2 [b]).

Así mismo diversos tabiques deflectores colocados en la carcasa hacen que el fluido extremo circule en dirección, lo más perpendicular posible, al haz de los tubos mejorándose la transmisión de calor. Un intercambiador de calor de este tipo se denomina m-n, siendo m el número de pasos o cambios de dirección del fluido de la carcasa y n el número de pasos del fluido en el interior de los tubos.

Los cabezales pueden retirarse con cierta facilidad para proceder a la limpieza del intercambiador y a su reparación de ser el caso. Si el ensuciamiento del aparato es improbable pueden usarse tubos en forma de U, con un solo cabezal. Son más baratos pero muy difíciles de limpiar.

Hasta hace, relativamente, poco tiempo estos intercambiadores estaban constituidos principalmente con materiales metálicos, pero actualmente pueden constituirse por diversos materiales plásticos, como el politetrafluoroetileno, mucho más caro pero resistente a los fluidos agresivos.

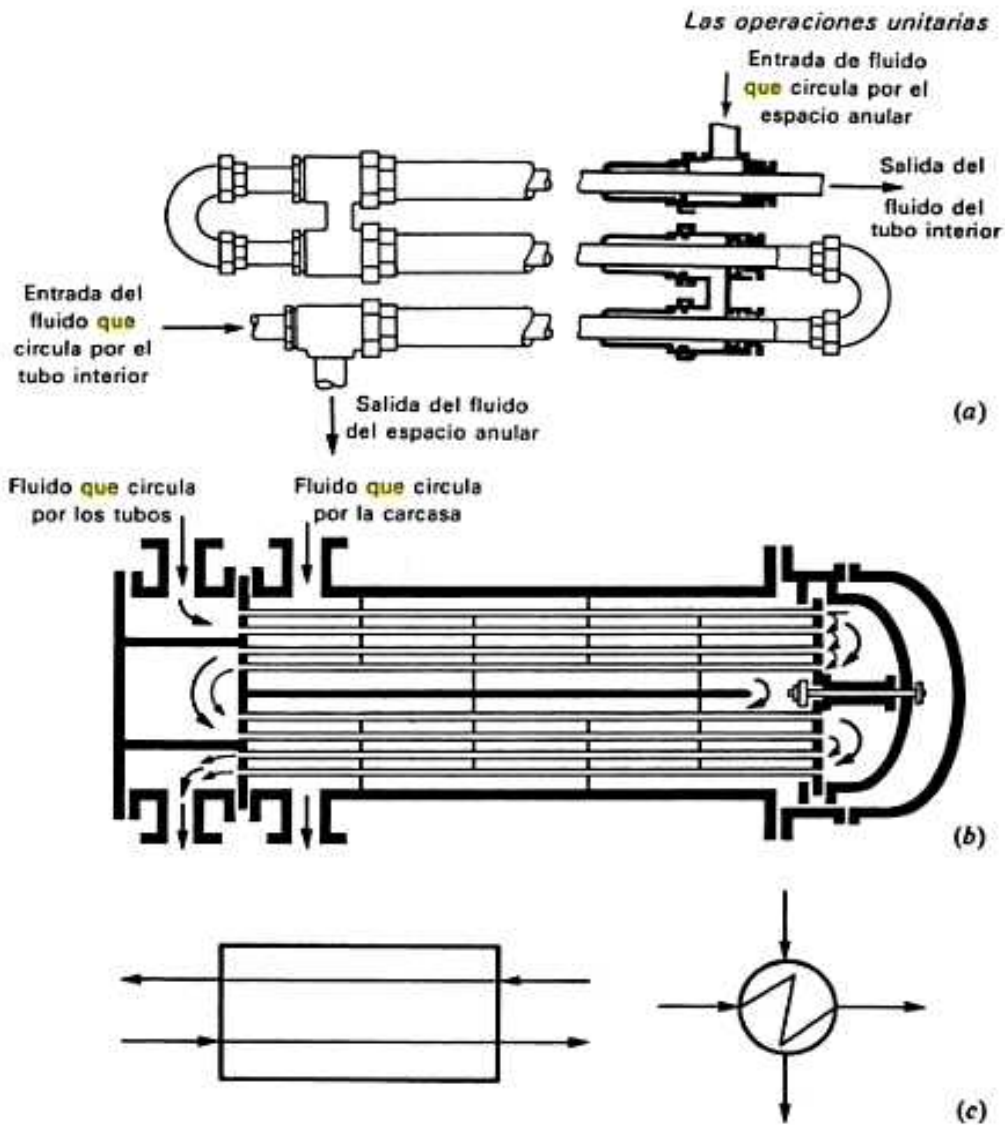


Figura 2. (a) Intercambiadores de calor de doble tubo, seccionado. (b) Esquema de la disposición interna de un intercambiador de calor de carcasa y tubo. Es de 2-4 pues el fluido exterior pasa en dos sentidos por la carcasa, el fluido interior en cuatro sentidos por los tubos. (c) Representación esquemática de los intercambiadores de calor en diagramas de flujos.

Fuente: Libro "Curso de Ingeniería Química (Introducción a los procesos, las operaciones unitarias y los fenómenos de transporte)".<sup>3</sup>

<sup>3</sup>Libro "Curso de Ingeniería Química(Introducción a los procesos, las operaciones unitarias y los fenómenos de transporte)



**Intercambiadores de calor de placas.-** Su diseño está basado en sustituir las superficies tubulares por las superficies planas con ciertas rugosidades. Estos intercambiadores pueden desmontarse con facilidad para su limpieza, y tiene poco volumen, aunque su precio es normalmente elevado.

**Intercambiadores de calor de grafito.-** En ellos no hay superficies metálicas de intercambio de calor, y el fluido circula por los agujeros taladros en una masa de grafito pesada. Se usan para líquidos muy corrosivos.

*Las operaciones unitarias*

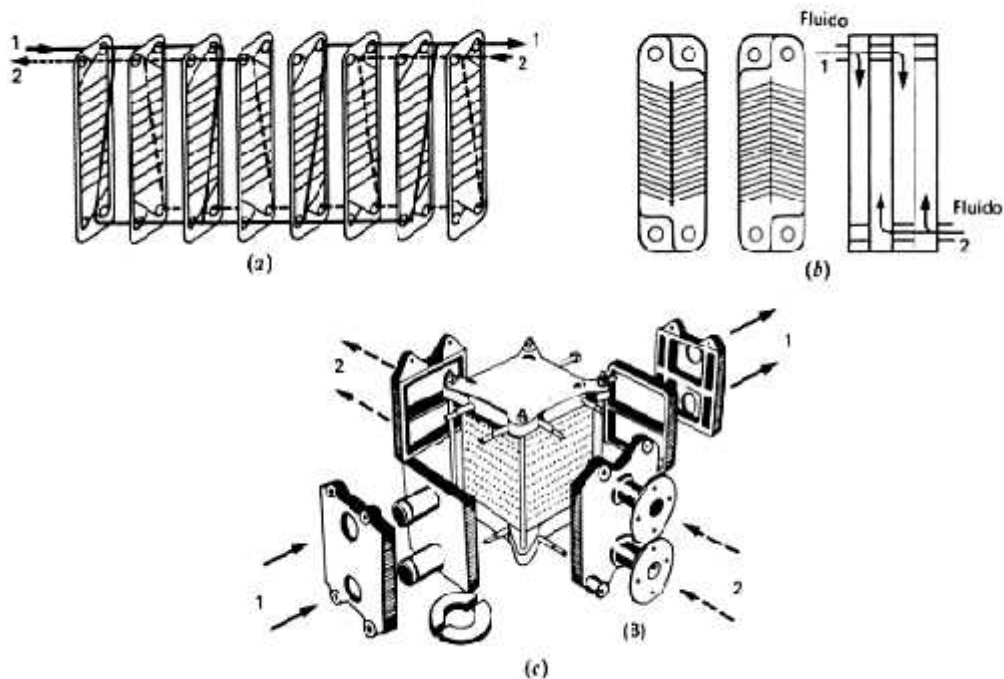


Figura 3. (a) Esquema de la circulación de los fluidos en un intercambiador de calor de placas. (b) Dos placas consecutivas, y modelo de la circulación paralela de fluidos en contracorriente. (c) Un intercambiador de calor de grafito, desmontado.  
Fuente: Libro "Curso de ingeniería Química (introducción a los procesos, las operaciones unitarias y los fenómenos de transporte)".<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Libro "Curso de ingeniería Química (introducción a los procesos, las operaciones unitarias y los fenómenos de transporte)".

## **2.9.EL ELECTRÓN**

El electrón(proviene del griego clásico lektron ámbar), comúnmente representado por el símbolo:  $e^-$ , es una partícula subatómica con una carga eléctrica elemental negativa.

## **2.10. VOLTAJE**

También llamado tensión eléctrica o diferencia de potencial es una magnitud física que cuantifica la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos.

## **2.11. ELECTRÓLISIS**

La electrólisis es todo cambio químico provocado por el paso de la electricidad a través de la disolución de un electrolito. La electrólisis da lugar a dos de fenómenos que se diferencian en el transporte de la carga eléctrica, a través de la disolución y la descarga de los iones portadores de la carga en los electrodos. Este es un fenómeno electroquímico.

A diferencia de las reacciones redox espontáneas, convierten la energía química en energía eléctrica; en la electrólisis se utiliza la energía eléctrica para inducir una reacción química que no es espontánea. La electrólisis se lleva a cabo en un dispositivo que se conoce como celda electrolítica. La electrólisis se basa en los mismos principios en que se fundamentan los procesos que se llevan a cabo en las celdas electroquímicas.

## **2.12. AMPERAJE**

Se la define como la cantidad de corriente o flujode electrones que fluyen por un conductor.Su unidad de medida son los amperios (A).

## **2.13. CAUDAL**

Es la cantidad de fluido, medido en volumen, que se mueve en una unidad de tiempo.

## **2.14. DOSIFICACIÓN**

Injectar líquido a un flujo.

Fijar la dosis de forma apropiada de la cantidad de hipoclorito de sodio que debe ser añadida en los distintos puntos de la línea de circulación de agua.

## **2.15. BACTERIAS MARINAS**

Las bacterias marinas son halofílicas, es decir, necesitan NaCl para su desarrollo óptimo; la concentración requerida por la mayoría de ellas es igual a la concentración de la sal en el agua de mar.

La mayoría de las bacterias marinas son Gram negativa. En las costas la proporción de organismos Gram negativos es del 80%, en cultivos de agua de mar esta

proporción aumenta al 95%. Las bacterias generalmente encontradas en el mar son móviles; de un 75 a 85% poseen flagelos.

#### **2.16. ZOOPLANCTON**

Se llama así a la fracción del plancton constituida por seres que se alimentan, por ingestión, de materia orgánica ya elaborada.

#### **2.17. FITOPLANCTON**

Se denomina al conjunto de los organismos acuáticos autótrofos del plancton, que tienen capacidad fotosintética y que viven dispersos en el agua.

#### **2.18. SUBSUPERFICIAL**

Significa poco profundo.

#### **2.19. TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE PROPANO Y BUTANO**

Los tanques de almacenamiento de propano y butano, generalmente, son de forma cilíndrica horizontal, dependiendo del volumen a almacenar se utilizan recipientes esféricos. La presión de diseño de las esferas, que son construidas en láminas de acero, es mayor a la presión atmosférica, su diseño debe estar regido a la norma ASME sección VIII Div. 1.

También se puede utilizar almacenamiento semi-refrigerado en el que el propano se almacena a una temperatura de  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ , la cual su presión de vapor es alrededor de 320 kPa.

## **2.20. FILTROS (AGUA SALADA)**

Es un dispositivo destinado a remover las impurezas del agua por distintos medios. En el sistema de captación de agua de mar ayuda a la retención de los organismos marinos, para que estos no pasen a través de las tuberías y exista el taponamiento, el cual obliga a parar el proceso de paso de butano y propano.

## **2.21. BOMBAS**

Es una máquina que absorbe energía mecánica, que puede provenir de un motor eléctrico, térmico, y otras, y la transforma en energía que la transfiere a un fluido como energía hidráulica la cual permite que el fluido pueda ser transportado de un lugar a otro, a un mismo o a diferentes niveles y a diferentes velocidades. Las bombas de captación de agua de mar son las que, dentro del sistema, ayudan a bombear el agua a una velocidad y caudal específicos los mismos que son determinantes para que el sistema tenga funcionalidad.

## **CAPITULO III**

### **3. CONSIDERACIONES GENERALES**

#### **3.1. ANTECEDENTES**

El Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP en Monteverde cuenta con una capacidad de almacenamiento (materia prima) en tanques de 95000 m<sup>3</sup>, distribuidos de la siguiente manera: 65400 m<sup>3</sup> en dos tanques de propano y 29600 m<sup>3</sup> en dos tanques de butano, ambos refrigerados. Además tiene una capacidad de almacenamiento de GLP comercial presurizado en tres esferas de 2880 m<sup>3</sup> cada una para un total de capacidad de 8640 m<sup>3</sup>. Los productos propano comercial y butano comercial son recibidos desde buques refrigerados (a baja presión de 6 bares) y descargados separadamente.

La planta tiene capacidad de calentar y mezclar propano y butano, para producir GLP comercial, cuenta con un sistema de agua de mar cuya función principal es la captación de la misma, para proveer el medio de intercambio térmico para los calentadores de propano y butano, así como para retirar el calor generado en grupo de frío.

El terminal de Monteverde utiliza agua de mar por lo tanto cuenta con una unidad de generación de hipoclorito de sodio, el cual se produce por electrólisis del agua salada, sin que exista ningún peligro en su manejo y aplicación. Se aplica para la disminución, control, esterilización y/o la eliminación de la materia orgánica (generalmente algas), presente en el agua de mar usada para el enfriamiento, además

previene la formación de incrustaciones marinas en tuberías de refrigeración que usen este fluido.

Es un sistema útil, seguro y libre de problemas de mantenimiento, sin los problemas de manejo del cloro, gas, ni sus peligros de almacenamiento.

### 3.2. CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO

#### 3.2.1. Ubicación y condiciones del sitio

##### 3.2.1.1 Condiciones del Sitio

| Características                             |                          |
|---|--------------------------|
| Elevación sobre el nivel del mar            | 4 m (13')                |
| Presión Barométrica                         | 1.01 bar (a) (14,7 psia) |
| Temperatura Media (Mín/Máx)                 | 21.2 °C / 26.2 °C        |
| Nivel Hidrométrico promedio anual           | 248 mm/año               |
| Precipitaciones máximas anuales             | 4.078 mm/año             |
| Velocidad y dirección prevalente del Viento | 59.8 Km/h / S-W          |
| Velocidad del viento (diseño)               | 44.7 MPH (20 m/s)        |
| Humedad relativa                            | 76-95%                   |
| Zona Sísmica                                | 4 (Código Ecuatoriano)   |

Tabla 2. Condiciones del sitio Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC).<sup>5</sup>

<sup>5</sup>Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC)

Los datos ambientales y meteorológicos reportados en las siguientes tablas, corresponden a la Provincia de Santa Elena:

|                                   | ENE  | FEB  | MAR  | ABR  | MAY  | JUN  | JUL  | AGO  | SEP  | OCT  | NOV  | DIC  |
|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Temperatura media del aire (° C)  | 25.2 | 26.2 | 26.2 | 25.4 | 24.9 | 23.3 | 22.1 | 22.1 | 21.3 | 21.9 | 22.5 | 23.6 |
| Temperatura absoluta máxima (° C) | 35.0 | 33.1 | 32.5 | 33.0 | 31.2 | 31.8 | 28.5 | 28.2 | 28.3 | 28.2 | 29.0 | 31.0 |
| Temperatura absoluta mínima (° C) | 21.1 | 22.0 | 22.0 | 19.9 | 20.0 | 18.4 | 18.0 | 17.0 | 17.6 | 18.5 | 18.5 | 19.2 |
| Temperatura mínima media (° C)    | 23.9 | 24.7 | 24.7 | 23.8 | 23.5 | 22.2 | 21.1 | 20.2 | 20.3 | 21.0 | 21.5 | 22.4 |

Tabla 3 Temperatura Ambiental

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC). Año 2008<sup>6</sup>

|             | N   | NE  | E   | SE  | S   | SW   | W    | NW   | C   |
|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|-----|
| FRE-JUL-AGO | 0.1 | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 5.1 | 59.8 | 29.0 | 4.6  | 1.1 |
| FRE-ANUAL   | 0.8 | 0.7 | 0.9 | 1.1 | 4.5 | 49.3 | 27.8 | 11.9 | 2.9 |
|             | N   | NE  | E   | SE  | S   | SW   | W    | NW   | C   |
| VEL-JUL-AGO | 1.5 | 0.0 | 1.0 | 2.0 | 3.6 | 4.1  | 4.4  | 3.9  | 0.0 |
| VEL-ANUAL   | 2.5 | 2.1 | 1.8 | 2.5 | 3.1 | 3.9  | 4.1  | 4.1  | 0.0 |

Tabla 4 Frecuencia y dirección del viento

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC).<sup>7</sup>

<sup>6</sup>Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC). Año 2008

<sup>7</sup>Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC). Año 2008



|               | ENE   | FEB   | MAR   | ABR   | MAY   | JUN   | JUL  | AGO | SEP  | OCT  | NOV   | DIC   |
|---------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-----|------|------|-------|-------|
| 2008          | 57.8  | 259   | 96.1  | 0.9   | 0     | 0     | 0    | 0.3 |      |      |       |       |
| MEDIA MENSUAL | 27.4  | 70.8  | 75.5  | 30.5  | 17.0  | 10.2  | 2.0  | 0.4 | 1.0  | 1.4  | 2.3   | 10.0  |
| MAX MES       | 413.7 | 445.4 | 728.9 | 585.9 | 700.6 | 544.2 | 77   | 2.5 | 14.5 | 16   | 106.6 | 442.7 |
| MAX 24        | 112.2 | 123.2 | 180   | 156   | 221   | 96.7  | 26.3 | 1.4 | 1.4  | 11.4 | 33    | 84.9  |

Tabla 5 Precipitaciones (mm):

Fuente:

Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC).<sup>8</sup>

### 3.2.1.2 Ubicación geográfica

La planta formada por el Terminal Marítimo y Planta de Almacenamiento de GLP, está ubicada en la comunidad Monteverde, Provincia de Santa Elena (limitada por la Provincia de Guayas al norte, este y sur, y el Océano Pacífico al oeste), a 40 Km. al norte de la ciudad de Salinas y a 27 Km. de Santa Elena.



Figura 4. Ubicación geográfica de la planta de transporte y almacenamiento de Gas licuado de Petróleo.

Fuente: Bases y criterios de diseño planta de transporte y almacenamiento de Gas licuado de Petróleo<sup>9</sup>

<sup>8</sup> Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC).

### 3.2.1.3 Características del agua a tratar

El agua de mar es extremadamente corrosiva para muchos materiales, en el presente caso, esta se maneja a través de una tubería de acero especial (dúplex- acero inoxidable tipo austenítico/ferrítico del tipo 22cr), donde progresivamente se ha encontrado la presencia de materia orgánica, que al ser arrastrada en esa corriente se adhiere a ella, llegando a la sección de los intercambiadores de calor donde su deposición disminuye la eficiencia en la transmisión de la temperatura, generándose problemas asociados a la baja transferencia de calor y taponamientos de los equipos.

Originalmente para la realización del proyecto, se consideraron varias opciones tomando muestras de agua de mar a diferentes periodos (verano / invierno) y en diferentes puntos geodésicos del área para determinar la uniformidad de la fauna marina, estas muestras fueron analizadas por laboratorios externos certificados. Un resumen de su composición se muestra en la Tabla 7 donde se especifican los valores encontrados.

| Característica                                    | Temp (°C) |
|---|-----------|
| Temp. Máxima Normal del agua de mar               | 24.2      |
| Temp. Máxima Anormal (c/ 8 años fenómeno El Niño) | 27.8      |
| Temp. Mínima                                      | 20.0      |

Tabla 6. Datos del agua de mar

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC).<sup>10</sup>

<sup>9</sup> Bases y criterios de diseño planta de transporte y almacenamiento de Gas licuado de Petróleo

<sup>10</sup> Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), Código Ecuatoriano de la Construcción (CEC).

De manera general, podría considerarse en este capítulo que una muestra promedio del agua del Ecuador para las coordenadas evaluadas, serian:

| Parámetro        | Valor | Unidades |
|------------------|-------|----------|
| Salinidad        | 30.4  | Ups      |
| Ph               | 8.16  | -Adim    |
| Oxígeno disuelto | 6.9   | mg/l     |
| DBO5             | 0.65  | mg/l     |
| DQO              | 68.5  | mg/l     |
| Nitrato          | 6.5   | mg/l     |
| Nitrito          | 0.54  | ug-at/l  |
| Fosfato          | 0.77  | ug-at/l  |
| Silicato         | 6.9   | ug-at/l  |
| Amonio           | 0.62  | mg/l     |
| HDD              | 0.36  | Ug/l     |

Tabla7. Composición química promedio del agua de mar de operaciones de la planta de almacenamiento y transporte de Glp en Monteverde<sup>11</sup>

Fuente: Manual

<sup>11</sup>Manual de operaciones de la planta de almacenamiento y transporte de Glp en Monteverde

### 3.3. BOMBAS DE CAPTURA DE AGUA DE MAR

Las Bombas de Captura de Agua de Mar (B-1605A/B/C/D) se encuentran instaladas en un área adyacente a la estructura del muelle para captación de agua de mar a fin de proveer el medio de intercambio térmico para los Calentadores de Propano (P-1101A/B) y Calentador de Butano (P-1102), cediendo calor.



Figura 5 Bomba vertical utilizada para captación de agua de mar de operación y mantenimiento de las bombas rumpunpen<sup>12</sup>

Fuente: Manual

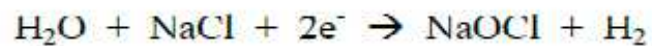
#### 3.3.1. Características del proceso instalado

La unidad de dosificación de agua clorada es un sistema cerrado del tipo no recirculante, maneja el caudal máximo del fluido dosificado a la concentración final definida y se usa para combatir crecimientos de cuerpos marinos con dos tipos de

<sup>12</sup> Manual de operación y mantenimiento de las bombas rumpunpen

tratamiento: uno de características severas o intermitente, inyectando concentraciones más altas del fluido dosificado (dosificación por choque); y, otro sistema mediante la alimentación continua de hipoclorito (dosificación continua), donde se dosifica a menores concentraciones pero continuamente, este es el método actualmente usado ya que los equipos de procesos (sistema de enfriamiento con agua de mar),trabajan continuamente.

La unidad recibe agua desde el mismo sistema, con un flujo de 8 m<sup>3</sup>/h, temperatura ambiente(21.2 °C / 26.2 °C) y una presión de 2 a 3barg., previamente filtrada a través de una membrana de 500 micras; esta pasa por un sistema de rectificación, donde mediante la aplicación de un voltaje equivalente @ 300 amperios,se genera el hipoclorito de sodio, mediante la reacción:



- El gas hidrogeno generado se retira mediante un sistema de extracción de vapores y se ventea a un sitio seguro.
- El hipoclorito formado se almacena en un tanque, donde mediante una bomba se dosifica a la succión de las bombas de captura.

A continuación se muestra esquemáticamente el sistema de generación de hipoclorito:

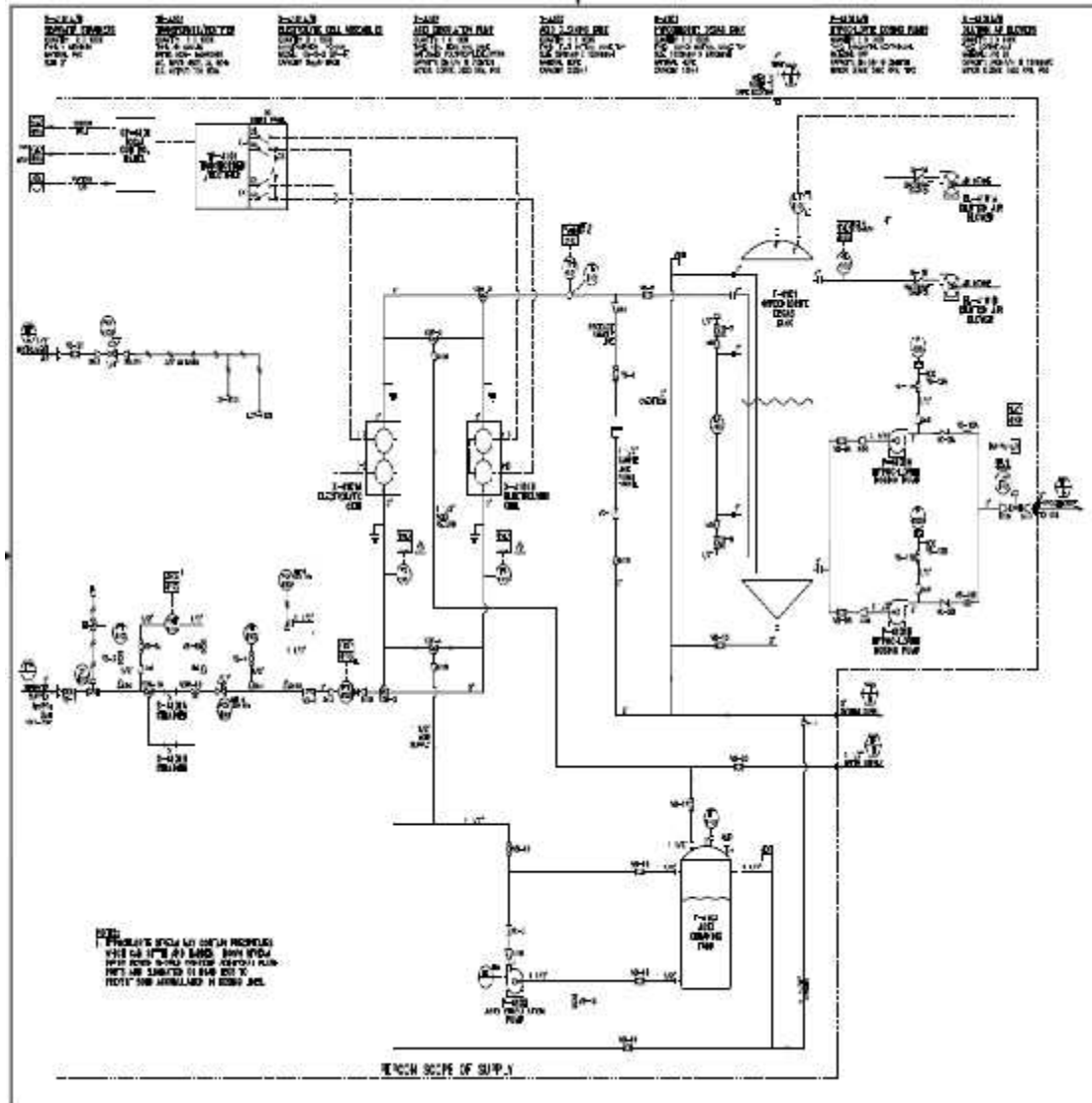


Figura6 esquema general de los componentes del paquete de Hipoclorito Fuente: Manual de generación de hipoclorito de sodio en la planta de almacenamiento de gas Licuado de Petróleo ubicada en Monteverde<sup>13</sup>

<sup>13</sup>Manual de generación de hipoclorito de sodio en la planta de almacenamiento de gas Licuado de Petróleo ubicada en Monteverde

En el esquema se muestran las partes principales del paquete los cuales están constituidos por:

- **Interruptor de nivel de líquido:** Está colocado en el tubo de electrodos e informa al sistema de control si los electrodos están completamente sumergidos en el líquido de proceso a través de señales de contacto. A los electrodos no se les permite exponerse al aire por encima del nivel del líquido cuando están en funcionamiento para evitar su oxidación.
- **Sensor de temperatura:** Está instalado cerca de la salida del producto del último tubo de electrólisis, para controlar la temperatura de salida del producto. Cuando esta es demasiado alta, el sistema de control apagará el electrolizador, de lo contrario existe un riesgo potencial de fusión de las partes y componentes del equipo.
- **Un sensor de presión diferencial:** Instalado en el soplador, para determinar si el ventilador está funcionando. Cuando el ventilador no está funcionando, el sensor manda una señal al sistema de control, a través de señal de contacto y el sistema de control detendrá el electrolizador y emitirá una alarma.
- **Limpiador con ácido:** Es usado para el mantenimiento de las celdas electrolíticas y opera al detectarse impurezas en el agua de mar, especialmente calcio y de iones de magnesio que causan la dureza, que se acumulan en la superficie del electrodo reduciendo la eficiencia de la reacción. El ácido limpia los depósitos en los cátodos de

electrólisis, disolviéndolos desde la superficie del electrodo sin dañarlos. El ácido utilizado es el clorhídrico diluido (5-7% w/v).

- **Válvulas de muestreo:** El electrolizador posee válvulas de muestreo, para la entrada y salida de producto, donde se comprueba si este está trabajando en forma correcta y la concentración del producto cumple con los requisitos del electrolizador.

- **Tanque de hipoclorito de sodio:** Con una capacidad de 5 m<sup>3</sup>, posee tres interruptores de nivel de líquido, para controlar el inicio regular y parada del electrolizador.

- **Sistema de control PLC:** El electrolizador es manejado por el sistema de control, la rutina de este proceso es la siguiente: Cuando el tanque de NaClO alcanza el nivel bajo, el sistema de control arranca el electrolizador. Si el interruptor de nivel instalado en el tubo de electrólisis detecta que está sumergido en la salmuera, el sistema de control arranca el rectificador. Cuando el tanque de NaOCl alcanza el nivel alto, el sistema de control apaga el electrolizador.

Operacionalmente el electrolizador se detendrá en las siguientes situaciones:

- El tanque de hipoclorito de sodio alcanza el nivel alto (control normal).
- La temperatura de salida es demasiado alta (alarma).
- El nivel de líquido en el tubo de electrólisis es demasiado baja (alarma).
- El ventilador no funciona (alarma).
- El rectificador no trabaja (alarma).



- La tensión de electrólisis es anormal (alarma).
- La corriente de electrólisis es anormal (alarma).

El circuito donde se dosifica el hipoclorito, es la red de suministro de agua de mar utilizada como agua de enfriamiento y se muestra esquemáticamente a continuación:

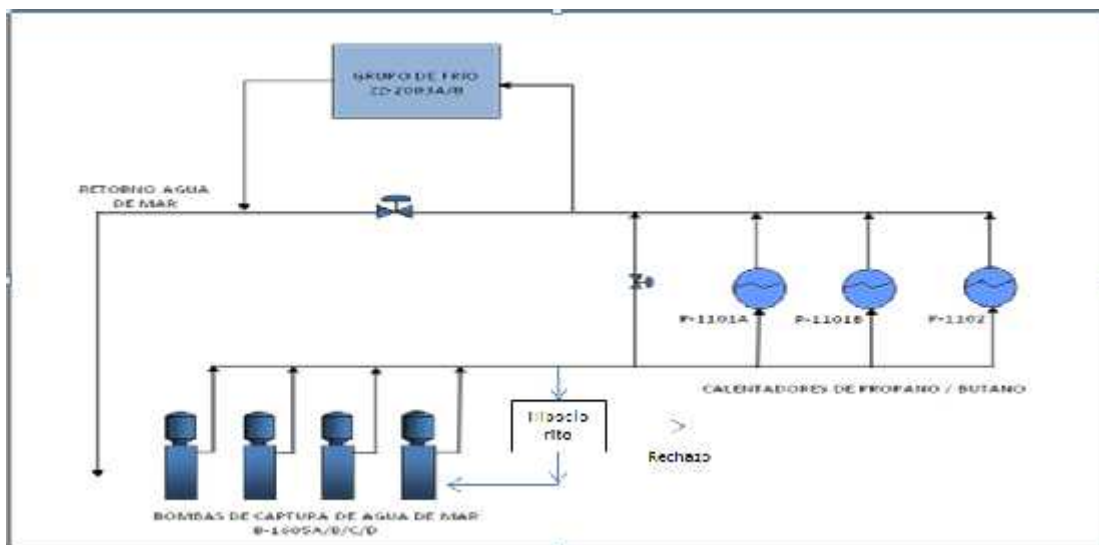


Figura 7. Esquema operativo del paquete de inyección de hipoclorito  
operaciones de la planta de almacenamiento de propano y butano en Monteverde<sup>14</sup>

Fuente: Manual de

### 3.3.1.1. Mecanismos de acción de control del proceso

El sistema de suministro de agua de mar cuenta con una línea de bypass del sistema de calentamiento. La circulación de agua por esta línea, está regulada por un controlador de presión diferencial, que actúa sobre la válvula ubicada en dicha línea (por medio de

<sup>14</sup> Manual de operaciones de la planta de almacenamiento de propano y butano en Monteverde

la señal cuyas tomas están aguas arriba y abajo de la válvula), evitando así que se generen diferencias de presiones riesgosas.

Cuando no operan los intercambiadores, se debe mantener una circulación mínima de agua de mar a través de los calentadores (P-1101A/B y P-1102), a fin de evitar el congelamiento de agua de mar en los intercambiadores con el fluido frío (propano / butano) atrapado en la carcasa de los equipos (pared interna de las tuberías, cabezal), para lo cual se dispone del lazo de control entre el transmisor indicador de temperatura (TIT-11024 / TIT-11026 / TIT-11028), ubicado en las líneas de salida de cada intercambiador, y las válvulas de control de temperatura (TV- 11024/26/28), ubicadas en las líneas de salida de agua de mar; estas presentan un obstáculo lógico que impide el cierre total de la válvula, para garantizar el caudal mínimo de agua de mar a través de los tubos de los intercambiadores.

Para optimizar el consumo de energía y el costo de instalación en la planta de Monteverde, la alimentación de agua de mar para los condensadores del Grupo de Frío (ZZ-2003A/B), es realizada en serie después del sistema de calentamiento.

En el enfriamiento de los intercambiadores de calor en el sistema de frío (Enfriador de Gas Boil Off P-2003A/B, enfriamiento de aceites de compresores y condensador de Propano Refrigerante P-2007A1/A2/B1/B2) se utiliza agua de mar, la cual es suministrada desde la línea de retorno de agua de mar, proveniente de los calentadores de procesos (Calentador de Propano P-1101A/B y Calentador de Butano P-1102). El agua de mar suministrada puede estar a dos condiciones diferentes de temperatura dependiendo de la operación, como se describe a continuación:

1. Agua de mar a 10 °C, proveniente de los calentadores de Propano (P-1101A/B) / Butano (P-1102), durante la preparación de GLP. La temperatura indicada ocurre por el enfriamiento del agua de mar como consecuencia del calentamiento del Propano y Butano en la planta durante la producción de GLP.
2. Agua de mar entre 20 °C y 27 °C, proveniente directamente de las bombas de agua de mar por estar el sistema fuera de servicio.

### **3.4. EQUIPOS Y TÉCNICAS DE MEDICIÓN**

#### **3.4.1. Conteo de materia orgánica en los límites de bacteria del proceso**

Para plantear la dosis de hipoclorito antes de la instalación de la planta generadora, se analizó el agua de mar en diferentes épocas del año, tomando en cuenta que el control de las bacterias o microorganismos que están en el mar, no podemos llevarlo a un 0% por el impacto ambiental que tendría.

### **3.5. CÁLCULO DE CONCENTRACIÓN DE MATERIA ORGÁNICA**

El análisis correspondiente a la concentración de materia orgánica (Zooplankton y Fitoplankton), en la corriente de aguas de mar se hizo en diferentes épocas del año y en distintos puntos (M1, M2, M3, M4, M5) cerca del muelle de la planta de almacenamiento de GLP ubicada en Monteverde-Provincia de Santa Elena.

### **3.5.1. Análisis de zooplancton**

Los resultados del presente estudio se basan en los análisis de las densidades poblacionales, de las diferentes tasas colectados en las muestras entre junio-julio 2013 y abril 2014.

Los arrastres superficiales se los realizaron durante 5 minutos en forma circular (100m. Ø), a una velocidad de 2 nudos, a bordo de una embarcación, la profundidad de la zona de muestreo se encuentra en un rango de 3 y 27 metros.

Todas las muestras biológicas fueron obtenidas con la red cónica simple (WP-2), con la apertura de la malla de 335 µm y 600µm con diámetro de la boca de la red de 0,30m. Adicionalmente el volumen del agua filtrada se lo obtuvo siguiendo las fórmulas establecidas por Boltovskoy, (1981), los datos fueron extrapolados a 100m<sup>3</sup>.

Las muestras colectadas fueron tratadas con cloruro de magnesio como narcotizante de los organismos gelatinosos y luego fijados con formalina al 4% y neutralizado con Bórax “Tetraborato de sodio”.

En el laboratorio se procedió al análisis de las muestras zoopláctónicas y extracción de la alícuota con la ayuda del separador de Folsom (Mc Ewen et al., 1954), cuando el alto número de ejemplares en la muestra lo requerían. Para obtener el conteo cualitativo y cuantitativo del zooplancton, se procedió a realizarlo en la cámara de conteo de Bororov (Boltovskoy, 1981).

### 3.5.2. Análisis de Fitoplancton

Todos los muestreos se realizaron a nivel superficial media y fondo (0m, 10m, 20m). Las muestras fueron colectadas con red (55  $\mu$ ), tipo cónica simple (30cm. de diámetro y 1m. de largo), mediante arrastres superficiales por 5min., a una velocidad de 2 nudos de manera circular en el punto de muestreo de los 5 perfiles; y arrastres verticales (0-20 m. de profundidad). Las muestras rotuladas fueron con formol 13% previamente neutralizado.

Para ello se tomaron diversos puntos para el análisis, los cuales se describen a continuación:

- Punto M1: a 500m. frente al muelle de la atunera Monteverde.
- Punto M2: a 1000m. frente al muelle de la atunera Monteverde.
- Punto M3: a 500m. bajo el puente de acceso a la plataforma.
- Punto M4: a 500m. frente a la planta de Pacoa.
- Punto M5: Población de Jambeli, en el punto de la desembocadura del río Javita. Afluente natural continuo.

Las tablas de los Anexos 14, 15, 17, 18, 19, 20 muestran los resultados obtenidos para esos parámetros.

| Resultados Físico - Químicos del efluente   |           |                      |                     |                     |                     |                     |          |                          |
|---|-----------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------|--------------------------|
| Parámetros  | Unidades  | Resultados           |                     |                     |                     |                     | U        | Límite máximo permisible |
|   |           | M1                   | M2                  | M3                  | M4                  | M5                  | K=2<br>± |                          |
| Cromo   | mg/Kg     | < 0,10               | < 0,10              | < 0,10              | < 0,10              | < 0,10              | 15%      | 20                       |
| Cadmio  | mg/Kg     | < 0,01               | < 0,01              | < 0,01              | < 0,01              | < 0,01              | 12%      | 0,5                      |
| Cobre   | mg/Kg     | < 0,10               | < 0,10              | < 0,10              | < 0,10              | < 0,10              | 20%      | 30                       |
| Plomo   | mg/Kg     | 0,28                 | 0,25                | 0,22                | 0,24                | 0,21                | 40%      | 25                       |
| Zinc  | mg/Kg     | 0,21                 | 0,23                | <0,20               | 0,2                 | <0,20               | 15%      | 60                       |
| Coliformes totales  | NMP/100kg | 2,23x10 <sup>4</sup> | 7,6x10 <sup>6</sup> | 6,3x10 <sup>6</sup> | 2,0x10 <sup>4</sup> | 1,8x10 <sup>4</sup> | -----    | -----                    |
| <b>Metodo de análisis:</b> Soil Sampling and methods of analysis Martin R carteer |           |                      |                     |                     |                     |                     |          |                          |

Tabla8. Ubicación geográfica referencial (UTM) de los puntos de muestreo de la concentración de especies marinas en el proyecto "Monteverde"  
 Fuente: Productos y servicios industriales C. LTDA.<sup>15</sup>

| Punto muestreo              | M1: A 500m frente al muelle de la atunera Monteverde | M2: A 1000m frente al muelle de la atunera Monteverde | M3: A 500m bajo el puente de acceso a la plataforma | M4: A 500m frente a la planta de Pacoa | M5: JAMBELÍ (desembocadura del río Jativa) |
|-----------------------------|--|---|---|--|--|
| Coordenada Este/Norte (UTM) | 528259   | 527878  | 528626  | 521893                                 | 599020                                     |
|                             | 9772100  | 9772673   | 9771538   | 9771104                                | 9774654                                    |

Tabla9. Resultados Físicos - químicos del efluente  
 Fuente: Productos y servicios industriales C. LTDA.<sup>16</sup>

Los resultados de Fitoplancton evidenciaron que el área de estudio es altamente productiva, con dominación de diatomeas céntricas tanto a nivel superficial y subsuperficial.

<sup>15</sup>Productos y servicios industriales C. LTDA

<sup>16</sup>Productos y servicios industriales C. LTDA

En octubre se registró abundancia de Fitoplancton y alta diversidad de dinoflagelados. Las densidades zooplanctónicas reportadas con los muestreos correspondientes, indica que son los Cladóceros (*Penilla avirrostris*), la especie más dominante en todos los muestreos; se resalta dentro del zooplancton a los copépodos del orden distribuido por toda el área tanto a nivel superficial como subsuperficial.

En los análisis resalta que los niveles de microorganismos, succionados por las bombas de captación de agua de mar, llevan en sí gran cantidad de ellos, por el cual se requiere de un buen control para que no reproduzcan dentro de la tubería y obstruyan, tapando los filtros en los intercambiadores de calor de propano y butano.

Lo expuesto anteriormente, determina que la concentración de cada especie cambia según el sitio geográfico donde se tome la muestra. La concentración varía en función de la época del año que en se evalué.

### **3.6. CÁLCULO DE CONCENTRACIÓN DE ADITIVO**

Para hacer el cálculo del aditivo también se consideró el tiempo de residencia, complementariamente se realizó el cálculo de las concentraciones para las diferentes dosificaciones basadas en los manuales de fabricante.

#### **3.6.1. Cálculo del tiempo de residencia**

Para determinar teóricamente cuanto tiempo tarda en circular a través de la tubería un frente de agua predeterminado desde un punto hasta otro en la misma red, se calcula

el factor “tiempo de residencia”, definido como la relación entre el volumen total de la tubería predeterminada dividida entre el flujo volumétrico que pasa a su través.

En este caso se utilizan las siguientes premisas:

- Flujo de cada bomba de captura de agua es de 573 m<sup>3</sup>/h, y se calculó para los casos de una (1), dos (2), tres (3) y cuatro (4) bombas en servicio. Cabe destacar que como operación normal se usan tres equipos operando continuamente.
  
- Se toma como base de cálculo: una (1) h.

Se consideran los diámetros nominales y longitudes tomadas desde la maqueta de construcción del proyecto Monteverde.

Por razones de cálculo, se ubican tramos continuos de diámetros y se omiten los volúmenes entrampados en los equipos; así mismo se realizó el cálculo del tiempo de residencia para los diversos escenarios.

La Tabla N° 10 muestra la condición normal, el tiempo en horas (h) depende del punto donde se muestree y que desde las bombas de captura de agua de mar (como ejemplo la bomba número uno), hasta los filtros transcurren 2.4 h, desde allí al grupo de frío 0.4 h. y el retorno nuevamente al mar transcurren 3.5 h. para un total de 6.3 hr. desde que entra un frente de agua hasta que sale, los cuales son los tiempos a los cuales se recomienda muestrear.



| CÁLCULOS DE RESIDENCIA |                          |                       |          |                |              |                |         |                    |                  |                   | Tiempo de residencia con (A) bombas |     |     |     |
|------------------------|--------------------------|-----------------------|----------|----------------|--------------|----------------|---------|--------------------|------------------|-------------------|-------------------------------------|-----|-----|-----|
| Tramo Nº               | Desde                    | Hasta                 | Diametro | Diametro (plg) | pi* $\pi$ /4 | Área           | Long    | Volumen de tubería | Dens Agua salada | Volumen Corregido | 1                                   | 2   | 3   | 4   |
|                        |                          |                       | plg      | m              |              | m <sup>2</sup> |         |                    |                  |                   |                                     |     |     |     |
| 1                      | Bombas captura a filtro  | Filtro                | 24       | 0,6096         | 2,4649       | 0,915987       | 1445,27 | 1324               | 1,023            | 1354              | 2,4                                 | 1,2 | 0,8 | 0,6 |
| 2                      | Filtro                   | Area de PCV's         | 18       | 0,4572         | 2,4649       | 0,515243       | 63      | 32                 | 1,023            | 33                | 0,1                                 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 3                      | Area PCV,s               | Grupo Frio            | 18       | 0,4572         | 2,4649       | 0,515243       | 432,17  | 223                | 1,023            | 228               | 0,4                                 | 0,2 | 0,1 | 0,1 |
| 4                      | Grupo frio               | Retorno al mar        | 24       | 0,6096         | 2,4649       | 0,915987       | 2140,44 | 1961               | 1,023            | 2006              | 3,5                                 | 1,8 | 1,2 | 0,9 |
| <b>Tiempo total</b>    | <b>Bombas de captura</b> | <b>Retorno al mar</b> |          |                |              |                |         |                    |                  |                   | 6,3                                 | 3,2 | 2,1 | 1,6 |

Tabla10. Cálculos de tiempos de residencia  
Santiago Abel Silva Tomalá<sup>17</sup>

Elaborado por:

### 3.6.2. Cálculo de concentración de aditivo

La dinámica de generación de hipoclorito de sodio de la planta ZZ-2207 a diferentes concentraciones (ppm), varía linealmente la cantidad de corriente aplicada (Amp) mostrando un comportamiento según lo indica el grafico N°8. Anexo

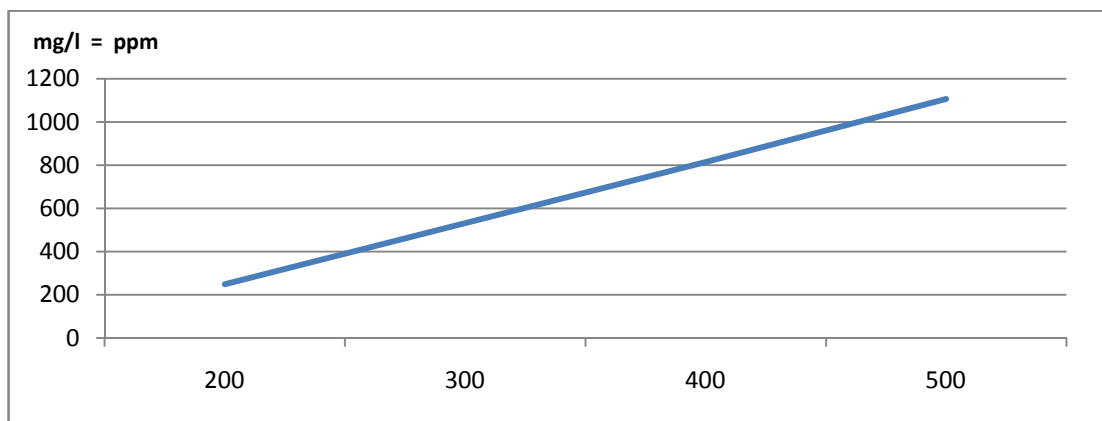


Figura 8. Concentración de hipoclorito de sodio en función de amperaje aplicado a ZZ-2207  
Santiago Abel Silva Tomalá<sup>18</sup>

Elaborado por:

<sup>17</sup>Elaborado por: Santiago Abel Silva Tomalá

La evaluación indica que para un flujo de agua de mar de 8 a 9 m<sup>3</sup>/h, la planta ZZ-2207 genera concentraciones hasta de 1000 ppm si se alimenta una corriente superior a 450 A, obteniéndose concentraciones bajas a medida que disminuye la corriente.

Además expresa que la concentración en el tanque de ácido concentrado usado para operaciones de limpieza química de las celdas generadoras, está en el rango recomendado del fabricante.

El análisis de la mezcla agua – hipoclorito a nivel de la succión de las bombas de captación de agua salada es satisfactoria, esto se evidencia en los valores reportados en los puntos donde se muestreó la concentración de esta sustancia (aguas abajo del filtro), el valor es bajo debido a la poca concentración del hipoclorito dosificado lo cual podría atribuirse a que se están utilizando amperajes menores en las celdas de rectificación. La disminución progresiva de los valores en los diferentes puntos de la planta indica que debemos mejorar el sistema de inyección de hipoclorito (ver diagrama).

---

<sup>18</sup>Elaborado por: Santiago Abel Silva Tomalá

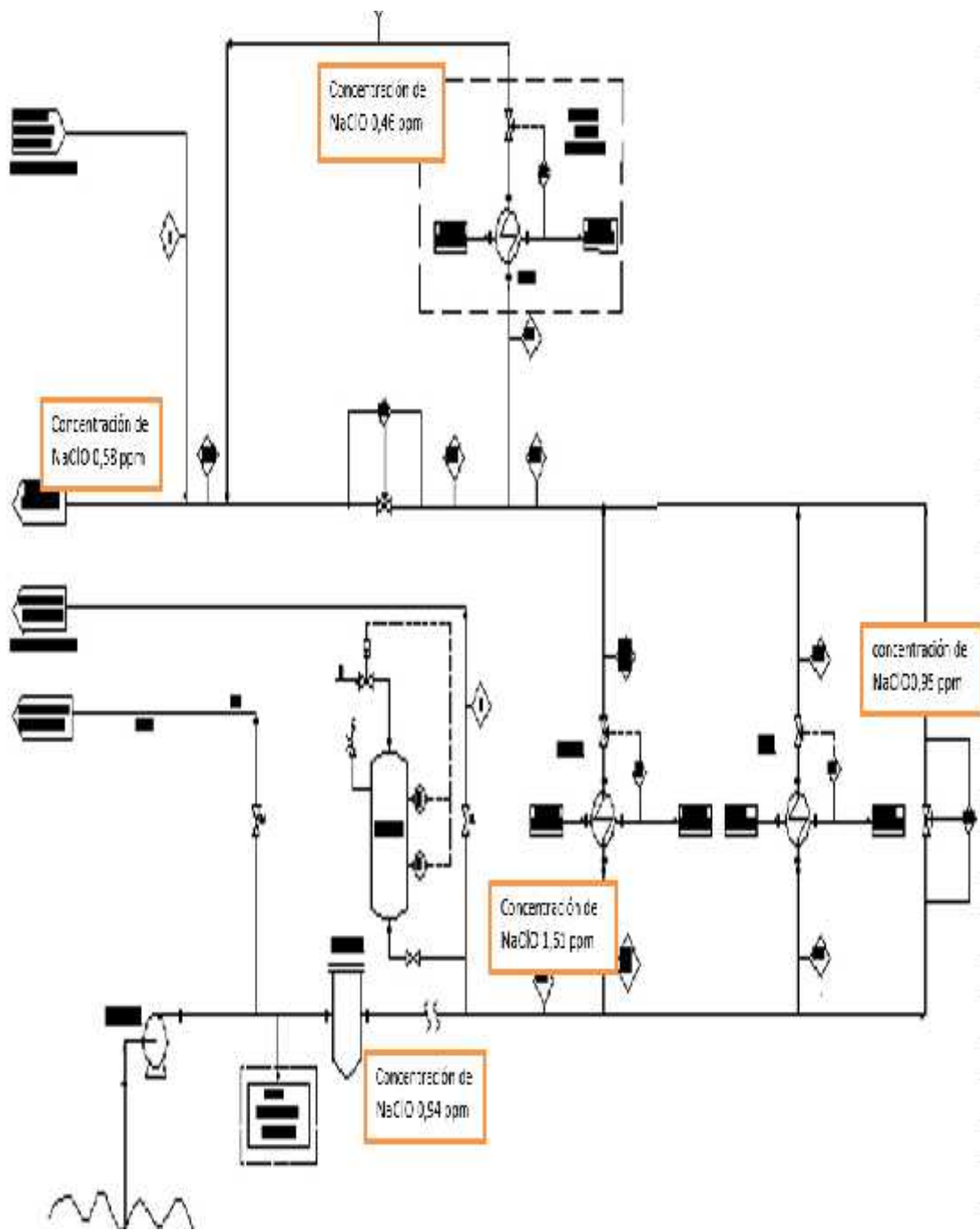


Figura 9. Diagrama de circulación del agua de mar mezclado con hipoclorito de sodio, de la planta de almacenamiento de GLP en Monteverde.<sup>19</sup>

Fuente: Manual

<sup>19</sup>Manual de hipoclorito de sodio, de la planta de almacenamiento de GLP en Monteverde

| Nº corriente | A                 | B  | C                    | D  | E                     |
|--------------|-------------------|--|----------------------|--|-----------------------|
| Descripción  | Salida de filtros | Entrada sistema (Fondo filtro de planta) | Punto bajo PDI-03022 | Intercambiador de calor de grupo frio (E-2002) | Salida de agua al mar |
| Valor (ppm)  | 0,94              | 1,61                                     | 0,95                 | 0,46   | 0,58                  |

Tabla 11. Resultado de los análisis de % de ppm de hipoclorito de sodio en la planta. Elaborado por Santiago Abel Silva Tomalá.<sup>20</sup>

Fuente:



Figura 10. Resultado del análisis en la salida de filtros (aguas arriba). Tomada en campo por Santiago Abel Silva Tomalá.<sup>21</sup>

Fuente:

<sup>20</sup>Santiago Abel Silva Tomalá.

<sup>21</sup>Santiago Abel Silva Tomalá.



Figura 11. Resultado del análisis en la entrada al sistema (fondo filtro de planta de filtros) (aguas arriba). Fuente: Tomada en campo por Santiago Abel Silva Tomalá<sup>22</sup>



Figura 12. Resultado del análisis en punto bajo PDI-03022 (aguas arriba). Fuente: Tomada en campo por Santiago Abel Silva Tomalá<sup>23</sup>

Fuente:

<sup>22</sup>Santiago Abel Silva Tomalá.

<sup>23</sup>Santiago Abel Silva Tomalá.



Figura 13. Resultado del análisis en intercambiadores de calor grupo de frío (aguas arriba). Tomada en campo por Santiago Abel Silva Tomalá<sup>24</sup>

Fuente:



Figura14.Resultado del análisis en salida de agua al mar(aguas arriba). Tomada en campo por Santiago Abel Silva Tomalá<sup>25</sup>

Fuente:

---

<sup>24</sup>Santiago Abel Silva Tomalá

<sup>25</sup>Santiago Abel Silva Tomalá

### **3.7. EVALUACIÓN DE TÉCNICA DE MEDICIÓN**

Sobre las técnicas de medición operativas utilizadas, se han aplicado métodos estándares de medición sugeridos de acuerdo a laboratorios, basados en la toma de muestras y análisis “in situ” mediante los procedimientos recomendados por una empresa líder en procesamiento de aguas a nivel mundial (método de determinación de cloro libre o Hatch ...365, el método de determinación de cloro diluido o Hatch, para el nivel de plantas donde se dan operaciones convencionales, estos son aceptados a nivel internacional.

Los demás muestreos se realizan mediante métodos estándares de análisis en las instalaciones del laboratorio, por lo que la metodología de análisis es satisfactoria, validándose los datos obtenidos en campo.

### **3.8. MODIFICACIONES PROPUESTAS**

Para mejorar el control de proliferación de microorganismos dentro de la tubería y los filtros, tanto de los intercambiadores de calor y los que quedan en las salidas de las bombas, se llega a la conclusión que:

Se debe implementar una rutina de análisis, debido a que la concentración de materia orgánica en el mar varía constantemente y la sobrealimentación durante temporadas de bajas concentraciones generaría el drenaje al mar de concentraciones superiores a los valores permisibles, con las consecuentes penalidades ambientales.

En función de esos resultados, para evitar sobredosificaciones de hipoclorito de sodio, así como enviar agua con concentraciones superiores a lo especificado durante bajas

temporadas de materia orgánica en el mar, se recomienda, por un lado implementar una rutina de análisis de muestras, tanto de hipoclorito concentrado como de la corriente de agua de mar en diferentes puntos de planta, así como de realizar ajustes a la dosificación.



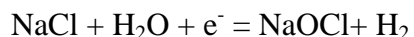
## CAPITULO IV

### 4. PROPUESTAS DE LAS MEJORAS AL SISTEMA

#### 4.1. INTRODUCCIÓN

Cuando un voltaje específico se aplica a los tubos de electrodos que contienen una solución de NaCl (agua de mar), se producen una serie de reacciones electrolíticas y finalmente se genera una solución de hipoclorito.

El proceso de reacción química que ocurre se muestra en la siguiente ecuación:



Dado que el peso molecular del hipoclorito NaOCl es 1.05 veces el del cloro molecular Cl<sub>2</sub> y la cantidad de transferencia de electrones de cada molécula de NaOCl es equivalente a la del cloro (Cl<sub>2</sub>) molecular, durante la reacción de oxidación. La producción de 1g de NaOCl en la reacción electroquímica es equivalente a la producción de 0.952g de Cl<sub>2</sub>.

De acuerdo con la ecuación anterior, teóricamente se genera 0.35 litros de gas hidrógeno en la producción de 1g de NaOCl (a 25°C y a presión atmosférica).

Hay gran cantidad de partículas de sólidos en suspensión en el agua de mar, que tienen influencia en la generación del hipoclorito de sodio y en la eficiencia de la electrólisis; por lo tanto el agua de mar bombeada a la unidad de electrólisis, debe pasar por filtros para eliminar estas partículas. Después de la filtración, el agua de

mar fluye en la unidad de electrólisis y produce una solución de NaOCl con una concentración que varía entre 500 – 2000 ppm, dependiendo de la cantidad de corriente que se suministre a los sistemas de electrolisis.

La solución entra en el tanque de NaOCl, durante el proceso se separa el hidrogeno de la solución de NaOCl en el tanque de producto terminado; y,este, dada su explosividad, se diluye a una concentración segura por medio de un extractor de aire de tiro forzado, el cuales descargado a la atmósfera.Posteriormente se añade hipoclorito de sodio al agua de mar donde se necesita el control de microorganismos de forma continua mediante una bomba dosificadora.

Comercialmente, el sistema por lo general viene integrado en un skid metálico, tiene además un sistema para la limpieza de los electrodos, cuando sea necesario, mediante un sistema adicional independiente, con un sistema cerrado de recirculación de ácido que incluye su tanque y bomba.

El agua de mar pasa por filtros de remoción de arena y depósitos propios de esta agua, previo al proceso de generación en las celdas electrolíticas. El sistema recibe agua de mar a presión aproximada de 8 barg, esta se regula posteriormente a 2 barg mediante un regulador calibrado a esta presión, trabaja con medidor y controlador de flujo de entrada.

El agua de mar a presión y caudal de flujos controlados (2 barg y 8 m<sup>3</sup>/h), pasa a través de una serie de electrodos recubiertos con óxido de metales preciosos (DSA), para el consumo más eficiente de corriente y apropiada distribución de esta corriente en el área anódica.

Los electrodos son energizados con corriente directa, debidamente transformada y rectificada por transformadores, de corriente AC a corriente DC, especialmente controlada para obtener la correcta concentración del cloro requerido en el hipoclorito de sodio generado.

Este hipoclorito de sodio, es enviado a un tanque de PVC de producto terminado, el cual posee tres sensores de nivel: uno que detecta alto nivel, cuando el líquido alcanza este nivel automáticamente se queda sin corriente el sistema; otro que detecta el bajo nivel, señal que reactiva la corriente arrancando de nuevo el proceso; y, uno de muy bajo nivel o de nivel de emergencia que detiene el proceso.

Un sistema de ventilación forzada mediante la operación de sopladores centrífugos, inyecta una gran cantidad de aire fresco, para diluir el gas de hidrógeno, a una concentración segura en el tanque de producto terminado y lo envía hacia la atmósfera; de este tanque de producto terminado, una bomba dosifica el hipoclorito de sodio a una dosis de acuerdo a las ppm deseadas.

El sistema tiene sensores de todo tipo que controlan y protegen el proceso; el cual se controla mediante un controlador electrónico programado, que mediante una memoria almacena los datos del proceso.

Bajo el criterio antes mencionado a continuación se plantean algunas oportunidades de mejorar, teniendo que definir capacidades de mezclado, dimensiones y características de equipos así como establecer los puntos de muestreo, donde se tomarán las muestras de agua de mar y cuantificar si está funcionando satisfactoriamente o no.

## 4.2. EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE MEZCLADO

De acuerdo a las características de diseño teóricas, se tiene que:

| CARACTERÍSTICA        | UNIDADES          | VALOR | OBSERVACIONES                                  |
|-----------------------|-------------------|-------|--|
| Caudal de agua de mar | m <sup>3</sup> /h | 1800  | Constante (3 bombas en servicio y 1 en espera) |
| Gravedad específica   | Kg/m <sup>3</sup> | 1.023 |  |
| Dosificación          | mg/l ppm)         | 3.0   | Continua (Ver nota 1)                          |
|                       | mg/l (ppm)        | 3.4   | Discontinua (ver nota 1)                       |

Tabla 12. Valores de diseño del fabricante  
Santiago Abel Silva Tomalá<sup>26</sup>

Elaborado por:

**Nota 1:** El cálculo de los valores de dosificación se obtiene de los parámetros de diseño del fabricante en el documento “Alcance técnico. Skid de hipoclorito de la empresa EnergyPetrol”, indica dosis de choque para trabajo continuo de 5,4 kg/h, y 6 kg/h para trabajo máximo, respectivamente, para combatir la remoción de toda la materia orgánica contenidas en el agua de mar, según se muestran en los análisis de laboratorio mostrados en la Tabla N° 7 de este mismo documento.

De acuerdo con la data tomada, la planta de Monteverde posee un sistema de generación de hipoclorito dual (dos sistemas, uno operando y el otro en stand by), donde cada una genera 6 Kg/h al 100 % de servicio, capaz de generar una solución con una concentración de hasta 1000 mg/l (1000 ppm).

---

<sup>26</sup>Santiago Abel Silva Tomalá

### 4.3. DETERMINACIÓN DE LOS EQUIPOS Y SISTEMAS ADICIONALES REQUERIDOS

Para determinar los requerimientos de mejora, a continuación se plantean tanto los equipos existentes así como los propuestos, los cuales dependiendo de la opción seleccionada se justifica su instalación.

Del lado del proceso, el actual paquete de dosificación de hipoclorito, posee una unidad de bombeo que tiene las siguientes características:

| Descripción                          | Características   |
|--------------------------------------|---|
| Bomba de distribución de hipoclorito | Fabricante: Flux-Renner<br>Modelo: BTMD-40-36/330PPEC5A<br>Tipo: Mag Drive<br>Materiales: Polipropileno<br>Capacidad: 8 m <sup>3</sup> /h<br>Cabezal de succión (TDH) 30 m<br>Presión de descarga: 3 bar(g)<br>Protección: IP55 |

Tabla 13. Equipos dinámicos del paquete de hipoclorito en Monteverde

Fuente: Manual

de generación de hipoclorito de sodio en la planta de almacenamiento de gas Licuado de Petróleo ubicada en Monteverde<sup>27</sup>

Están instaladas dos unidades de bombeo de igual capacidad, ante la eventualidad que si una falla, la otra entra en acción, considerando además que operacionalmente se alternan las bombas para que se mantenga en funcionamiento.

<sup>27</sup> Manual de generación de hipoclorito de sodio en la planta de almacenamiento de gas Licuado de Petróleo ubicada en Monteverde

Estas bombas son encargadas de dosificar el hipoclorito directamente al mar, al pie de las bombas de captación del líquido, lo que permite controlar y evitar que los microorganismos proliferen y tapen la boca de succión de agua de mar en las bombas, taponen equipos y/o se acumulen en los equipos de intercambio de calor.

Si el sistema está controlado, no se presentan taponamientos, pero de igual forma se debe dar un mantenimiento periódico, el problema es que sea atribuible a operación deficiente, error operativo, cambios en la concentración de materia orgánica, excedente de flora marina superior a la de diseño, problemas de uniformidad de mezclado a la succión de las bombas de captura, problemas de funcionamiento del equipo, entre otros factores; ciertos microorganismos sobreviven a la dosificación actual ( $8\text{m}^3/\text{h}$ ) pasana través de las bombas y se empiezan a reproducir dentro de la tubería tapando los filtros, las tuberías de los intercambiadores de calor, etc. disminuyendo así su eficiencia operacional.

#### **4.3.1. Oportunidades de mejora**

En función de lo explicado, a continuación se presentan las oportunidades de mejora a implementar, las cuales se explican en detalle:

1. **Sistema de dosificación a carga compartida:** Inyectar una parte del hipoclorito directamente a la tubería que lleva el agua de mar hacia los intercambiadores de calor tomando en cuenta que las 3 bombas (son 4 bombas donde una está en espera), que envían el agua de mar a circular por todo el sistema tiene una presión de 9 bar(g) con un caudal de  $1800\text{ m}^3/\text{h}$  y la bomba de dosificación de hipoclorito en evaluación descarga a 3 bar(g) con descarga de ( $8\text{m}^3/\text{h}$ ).

Se debe instalar una bomba de mayor descarga de presión para poder hacer el ingreso del hipoclorito a la tubería dúplex que lleva el agua a circular en todo el sistema, ya que con las especificaciones de la bomba actual no podríamos vencer la presión para ingresar el hipoclorito en la tubería.

2. **Sistemas de dosificación uniforme (única):** Consiste en inyectar única y directamente, mediante un nuevo sistema, a la tubería, mediante unos equipos especiales apropiadamente colocados en todos los sistemas de seguridad (niples tipo cosascos).
3. **Sistema de dosificación mediante combinación de niplecosascos y venturi (Mezcladores tipo Venturi):** Consiste en una combinación de alimentación mediante un sistema de inyección aguas debajo de los filtros, mediante un arreglo Niplecosasco y venturi, para evitar posible retroflujo por contrapresión (paro de bombas, sobre presión en la líneas de agua u otro proceso irregular de la operación) que tienda a retornar el sentido del flujo.
4. **Sistema existente inalterable:** Consiste en dejar el sistema como permanece actualmente (inyectar directamente a la succión de las bombas), método que actualmente no ha dado resultados satisfactorios.

A continuación se explica en detalle cada una de las opciones de mejora planteadas:

### 4.3.1.1. Sistema de dosificación a carga compartida

Consiste en alimentar al mismo tiempo la succión de las bombas, vez a la descarga de los filtros de purificación de agua de mar.

La Figura 4.1 muestra esta opción. En ella se destacan las siguientes observaciones:

Las bombas están diseñadas para alimentar un flujo constante y equivalente de 8 m<sup>3</sup>/h a una presión de 2 bar(g), por lo que el control de dosificación se vería comprometido, ya que este estaría desbalanceando debido a los diferentes niveles de presión, flujo, etc.

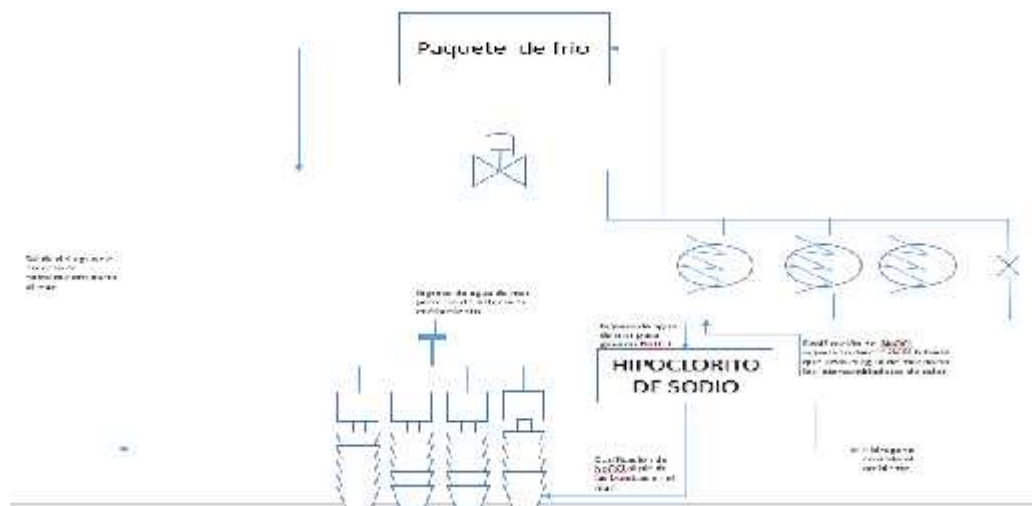


Figura 15. Sistema de dosificación compartida.  
Santiago Abel Silva Tómalá<sup>28</sup>

Elaborado por:

<sup>28</sup>Santiago Abel Silva Tómalá



#### **4.3.1.2.Sistemas de dosificación uniforme (única)**

Este sistema consiste en dosificar directamente al cabezal de descarga de las bombas (no al punto actual, si no a la descarga de estos equipos), aproximadamente aguas arriba de los filtros colectores de residuos orgánicos, lo que representa incluir un equipo dual que descargue a una presión superior a los 9 bar (g).

El cálculo indica que se requiere incrementar la potencia del equipo hasta 12 HP. El anexo 1 muestra tanto la modificación al sistema, como los cálculos requeridos para determinar esta potencia.

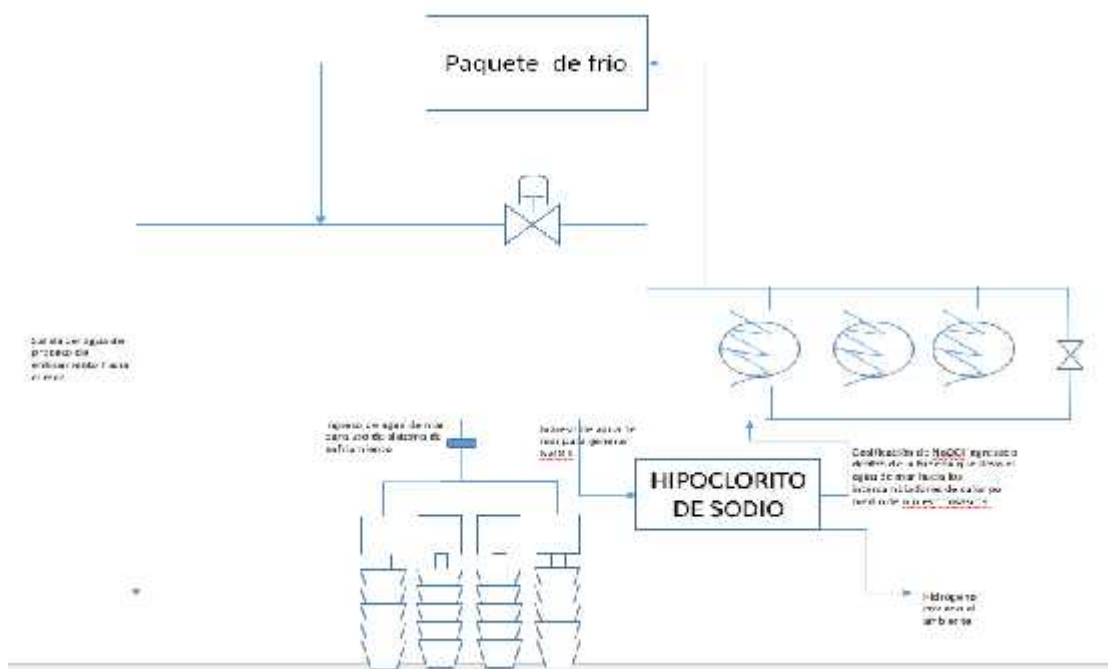


Figura 16. Sistema de dosificación uniforme  
Santiago Abel Silva Tomalá<sup>29</sup>

Elaborado por:

#### 4.3.1.3. Sistema de dosificación mediante combinación de niplecosascos y Venturi (Mezcladores tipo Venturi).

Otra opción potencialmente ejecutable como medida de mejora del proceso de dosificación del hipoclorito, consiste en la instalación de un flujo continuo mediante la colocación en línea de un sistema de dosificación con un sistema de venturi, allí se aprovecharía la formación de la vena contracta, ayudada mediante la colocación aguas arriba de un sistema de niplecosasco, el cual elimina o disminuye la posibilidad de que ocurra retroflujo hacia el tanque de hipoclorito, desde donde se está alimentado el sistema.

<sup>29</sup>Santiago Abel Silva Tomalá

Cabe destacar que este efecto, generaría problemas operacionales de tender a girar la bomba de dosificación en sentido contrario y en caso de ocurrir se llenaría el tanque de hipoclorito concentrado, con la posibilidad de desborde de este equipo

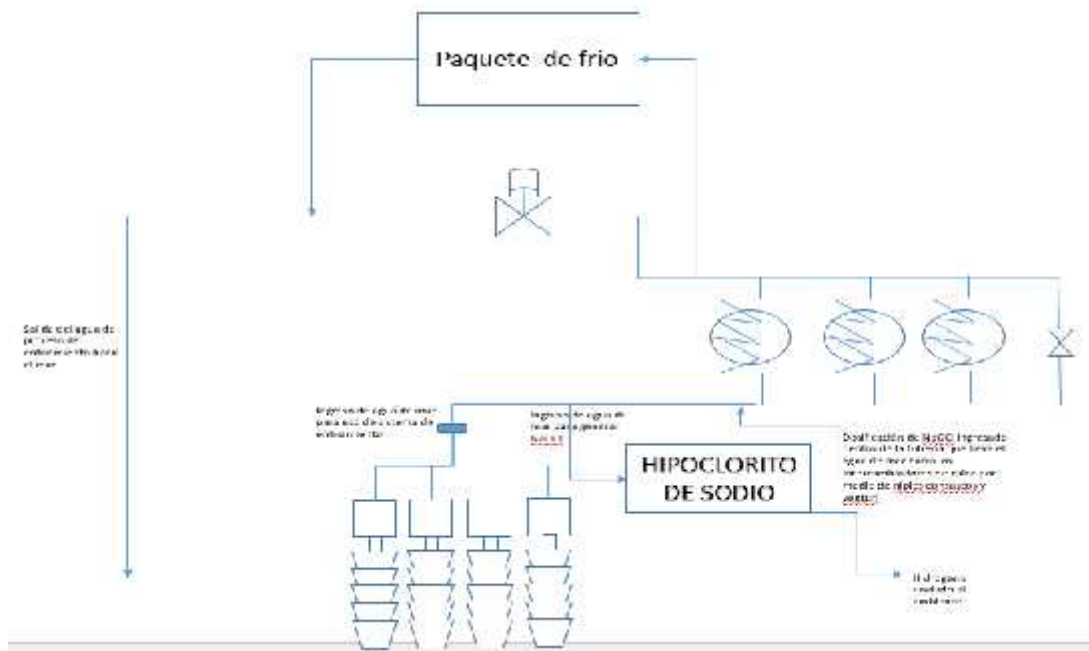


Figura17. Sistema de dosificación mediante combinación de niplescoscosos y venturi (mezcladores tipo venturi). Elaborado por: Santiago Abel Silva Tomalá<sup>30</sup>

#### 4.3.1.4. Sistema existente inalterable

Consiste en dejar el sistema como permanece actualmente (inyectar directamente a la succión de las bombas). Este método no ha dado, hasta ahora, resultados satisfactorios, atribuible a factores como variación de la concentración de la flora orgánica marina

<sup>30</sup>Santiago Abel Silva Tomalá

con la temporada (estación), presencia de corrientes marinas encontradas en función de factores como mareas, temperatura y flujo del agua del mar (corrientes marinas).

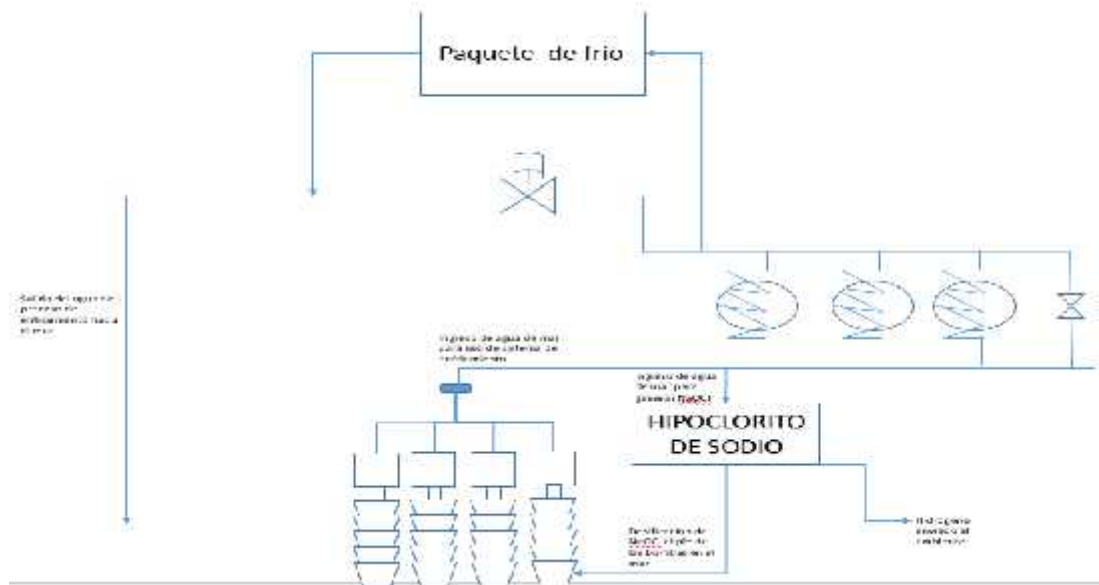


Figura18. Sistema existente inalterable  
Santiago Abel Silva Tomalá<sup>31</sup>

Elaborado por:

#### 4.4. DETERMINACIÓN DEL FLUJO NOMINAL DE HIPOCLORITO Y SU CONCENTRACIÓN

##### 4.4.1. Para determinar el flujo nominal del hipoclorito

Se va hacer una evaluación del funcionamiento de la planta de hipoclorito, a continuación se plantea secuencialmente las actividades a realizar, se discriminaran de la siguiente forma:

<sup>31</sup>Santiago Abel Silva Tomalá

- Análisis de funcionamiento de la planta ZZ-2207 y evaluar la generación de hipoclorito dentro de su especificación (> a 1000 ppm).
- La dosificación de hipoclorito de sodio al cabezal de manejo de agua salada.
- La evaluación debe estar basada de manera general, en una logística de muestreo, la aplicación de técnicas de muestreo apropiadas y la garantía de los resultados obtenidos, para ello se establecieron las siguientes condiciones:
- Definición de los puntos muestreo: el gráfico N°8 muestra la distribución de equipos (DTI) de la planta ZZ-2207, en el aparecen numerados y en rombos los diferentes puntos a realizar muestreo según se indica en la Tabla 4.3 mostrada a continuación:

| N° corriente       | 1                        | 2                         | 3   | 4  | 5                                  |
|--------------------|--------------------------|---------------------------|---|--|------------------------------------|
| Puntos de muestreo | Flujo de agua al sistema | Cantidad de corriente (A) | Concentración de Hipoclorito (salida de rectificadores) | Concentración de hipoclorito alimentada al sistema | Concentración de ácido de limpieza |
| Valor              | 8 m <sup>3</sup> /h      | >450 A                    | A definir   | A definir  | A definir                          |

Tabla 14. Descripción de muestreo en la planta generadora de hipoclorito de sodio. Elaborado por: Santiago Abel Silva Tomalá<sup>32</sup>

Adicionalmente el ANEXO N°9 muestra mediante un diagrama, los puntos donde se puede muestrear el agua procedente desde las bombas de captura ubicadas en el loop 1 del muelle. En ella aparecen identificados con letras en rombos los diferentes

<sup>32</sup>Santiago Abel Silva Tomalá

puntos para realizar el muestreo, según se indica en la Tabla 4.4 que se detalla a continuación:

| Nº corriente       | A                 | B  | C                    | D  | E                     |
|--------------------|-------------------|--|----------------------|--|-----------------------|
| Puntos de muestreo | Salida de filtros | Entrada sistema (Fondo filtro de planta) | Punto bajo PDI-03022 | Intercambiador de calor de grupo frío (E-2002) | Salida de agua al mar |
| Valor              | A definir         |  |                      |  |                       |

Tabla 15. Identificación de los puntos de muestreo en el sistema de circulación de agua de mar. Elaborado por: Santiago Abel Silva Tomalá<sup>33</sup>

#### 4.4.2. Definición y estandarización de técnicas de muestreo

En este caso, deben considerarse las técnicas estándares de muestreo, que garantice la repetitividad del análisis, así como el uso de materiales, equipos, instrumentos limpios, curados, secados, etc., que eliminen toda potencial fuente de contaminación de la muestra. Debe considerarse que el cloro, en una fase líquida, es susceptible a abandonar esa fase (fugacidad), por lo que el tiempo transcurrido entre el muestreo y el análisis debe disminuirse al mínimo.

<sup>33</sup>Santiago Abel Silva Tomalá

#### 4.4.3. Definición de garantía de resultados obtenidos

En este caso se recomienda el uso de técnicas estándares de análisis, con el propósito de disminuir la incertidumbre y estandarizar los valores obtenidos. Es recomendable el uso de normas nacionales e internacionales de análisis como se muestra en la Tabla 16.

| Descripción del ensayo | Método                                 |
|------------------------|--|
| Contenido de cloro     | INEN-1565                              |
| % de pureza            | USP-35 (Ácido clorhídrico concentrado) |
| Cloro Residual         | HACH                                   |

Tabla 16. Métodos recomendados de análisis de laboratorio  
Santiago Abel Silva Tomalá<sup>34</sup>

Elaborado por:

#### 4.5. EVALUACIÓN DE PUNTOS DE MUESTREO

Los esquemas siguientes describen los puntos de muestreo en la planta generadora de hipoclorito de sodio y en el sistema de circulación de agua de mar (Tabla 4.3 y Tabla 4.4 respectivamente), verificándose el porcentaje de hipoclorito mezclado con el agua de mar.

---

<sup>34</sup>Santiago Abel Silva Tomalá

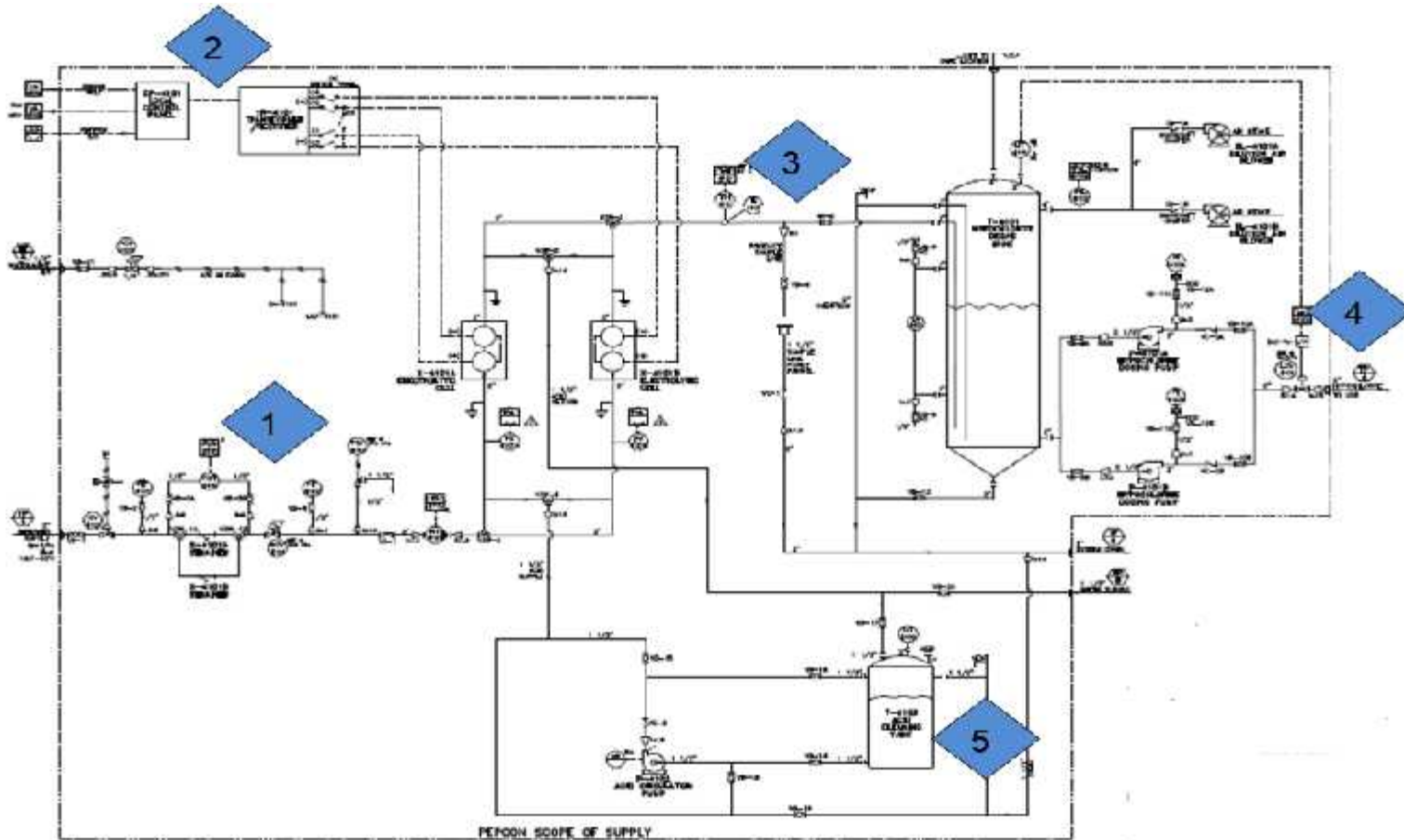


Figura 19. Diagrama de los puntos de muestreo en la planta generadora de hipoclorito de sodio.  
 Fuente: Manual de generación de hipoclorito de sodio en la planta de almacenamiento de Gas Licuado de Petróleo ubicada en Monteverde<sup>35</sup>

<sup>35</sup> Manual de generación de hipoclorito de sodio en la planta de almacenamiento de gas Licuado de Petróleo ubicada en Monteverde



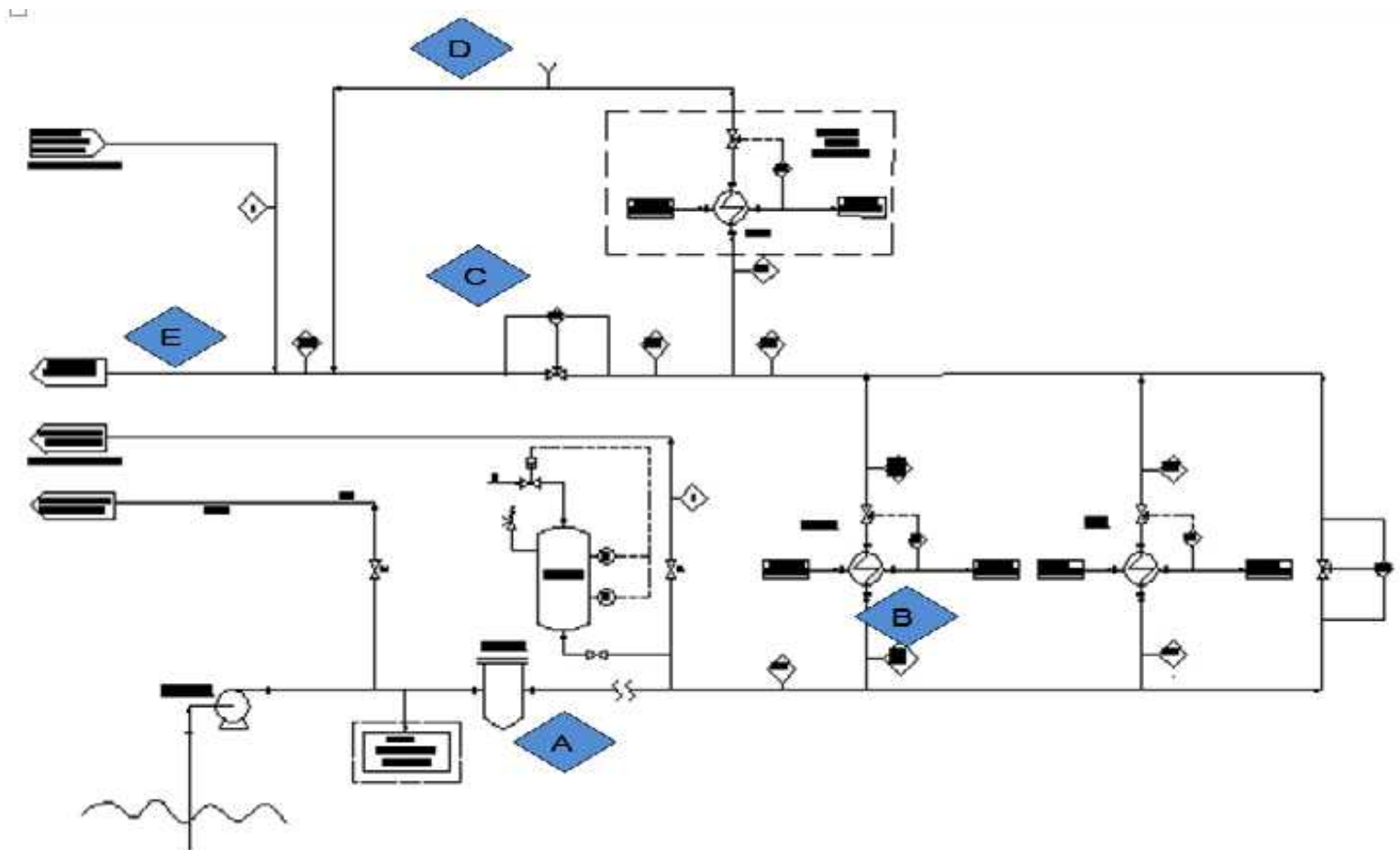


Figura 20. Puntos de muestreo en el sistema de circulación de agua de mar (Esquema del proceso) de generación de hipoclorito de sodio en la planta de almacenamiento de gas Licuado de Petróleo ubicada en Monteverde<sup>36</sup>

Fuente: Manual

<sup>36</sup> Manual de generación de hipoclorito de sodio en la planta de almacenamiento de gas Licuado de Petróleo ubicada en Monteverde

#### **4.6. ELECCIÓN DEL SISTEMA PARA OPTIMIZAR LA DOSIFICACIÓN**

La dosificación del hipoclorito de sodio es inyectado al mar cerca de los filtros de las bombas, por lo que se puede deducir que no se aprovecha el 100% de la dosificación, porque al inyectar al agua de mar tenemos corrientes marinas que hacen que el hipoclorito de sodio se disperse y no se tenga una correcta mezcla entre estos dos elementos, es por eso que se da la presencia de microorganismos que sobreviven con la actual dosificación.

Dentro de la ejecución de este trabajo de tesis se realizó un análisis de ppm de NaOCl dentro del recorrido de agua de mar por todo el sistema de circulación que va hacia los intercambiadores de calor y regreso al mar; se observa que en cada punto la medida de ppm de hipoclorito sube con respecto a la medida del punto anterior, o sea no hay una mezcla adecuada de la dosificación que enviamos para controlar la proliferación.

En las figuras N° 22 y 23 se demuestra que los microorganismos sobreviven a la dosificación actual, como se observa en los filtros de las bombas, tienen una capa adicional en la que se nota la presencia de organismos ya desarrollados e incrustados en los filtros, a futuro no solo tendremos problemas en los filtros ubicados en la tubería sino también en los intercambiadores de calor.



Figura 21. Filtros de las bombas de captura de agua de mar, cubierta con materia orgánica. Fuente: Tomada en campo por trabajadores del Consorcio GLP Ecuador<sup>37</sup>



Figura 22. Filtros de las bombas de captura de agua de mar, cubierta con materia orgánica. Fuente: Tomada en campo por trabajadores del Consorcio GLP Ecuador<sup>38</sup>

En las figuras 17, 18, 19, 20, observamos en los cortes que se han realizado, que los microorganismos sobrevivientes han pasado por la tubería que lleva el recorrido del agua de mar junto con el hipoclorito. Los organismos reproducidos, se pegan con tanta dureza en la tubería que no son de fácil remoción, una limpieza de ello tomaría mucho tiempo.

---

<sup>37</sup>Tomada en campo por trabajadores del Consorcio GLP Ecuador

<sup>38</sup>Tomada en campo por trabajadores del Consorcio GLP Ecuador



Figura 23. Corte de tubería dúplex, con materia orgánica adherida.  
trabajadores del Consorcio GLP Ecuador<sup>39</sup>

Fuente: Tomada en campo por



Figura 24. Corte de tubería dúplex, con materia orgánica adherida.  
trabajadores del Consorcio GLP Ecuador<sup>40</sup>

Fuente: Tomada en campo por

---

<sup>39</sup>Tomada en campo por trabajadores del Consorcio GLP Ecuador

<sup>40</sup>Tomada en campo por trabajadores del Consorcio GLP Ecuador



*Figura 25. Corte de tubería dúplex, con materia orgánica adherida.*

*Fuente: Tomada en campo por trabajadores del Consorcio GLP Ecuador<sup>41</sup>*



*Figura 26. Corte de tubería dúplex, con materia orgánica adherida*

*Fuente: Tomada en campo por trabajadores del Consorcio GLP Ecuador<sup>42</sup>*

---

<sup>41</sup>Tomada en campo por trabajadores del Consorcio GLP Ecuador

<sup>42</sup>Tomada en campo por trabajadores del Consorcio GLP Ecuador

Debemos tomar en cuenta que el problema subsiste, ya que el porcentaje de dosificación en el punto de inyección no es la adecuada (baja dosificación), adicional a esto la mezcla (agua de mar con hipoclorito de sodio) no se lleva a cabo, ya que al inyectar al mar no se aprovechará toda la dosificación de hipoclorito de sodio enviada, debido a que las corrientes marinas se estarían llevando un 50% y en el recorrido de agua captada por las bombas no se aprovecha el cien por ciento de la dosis, presentándose un ambiente propicio para que se reproduzcan microorganismos dentro de las tuberías, filtros e intercambiadores de calor.

Los problemas actuales han llevado a realizar una serie de análisis por lo que se recomienda una dosificación compartida (5.3.1.1).

Se debe no solo proteger a los filtros de las bombas que están sumergidas dentro del agua, sino también a la tubería, los filtros que están en superficie y los intercambiadores de calor, porque el no hacerlo ha ocasionado problemas en la planta de almacenamiento de Gas Licuado Petróleo ubicada en Monteverde.

La planta de hipoclorito se debe poner a trabajar al máximo (3 ppm de NaOCl) para proteger efectivamente los filtros de las bombas, y la dosificación también se debe hacer directamente a la tubería, para ello se necesita adicionar una bomba con presión de 9 bar y una potencia de 12 hp, según los cálculos mostrados en el Anexo 1, ya que las tres bombas para capturar agua de mar la llevan a una presión de 8 bares se puede hacer el ingreso de la dosificación sin problemas.

Al implementar la dosificación compartida se tendrá que hacer un análisis para monitorear que no se exceda el límite permisible a la salida del agua que desemboca al mar, lo máximo que se debe de verter es de 3ppm, establecido así para el diseño de planta y la no afectación de los peces o flora de crecimiento marino del perfil costanero de Monteverde, en el caso de pasar las 3ppm a causa de la implementación de la bomba nuevacuuyo caudal sería de 36 m<sup>3</sup>/h (cálculo realizado en el Anexo 1), se tendría que hacer una piscina de decantación antes que sea vertida el agua directamente al mar. La mezcla (NaOCl y agua de mar) debe pasar por la piscina y agregar más agua sin NaOCl, para que disminuyan las ppm en exceso.

## **CAPITULO V**

### **5. REVISIÓN DE COSTOS DE IMPLANTACIÓN DE MEJORA**

En el análisis de la mejora para el control de microorganismos que sobreviven a la dosificación actual, se presentan cuatro puntos, el recomendado para dosificar el hipoclorito es el sistema de dosificación compartida, por lo que solo se enfocará puntualmente en ese sistema de dosificación para mejorar el control de proliferación de los microorganismos dentro del sistema de intercambiadores de calor.

Esta modificación requiere de equipos y accesorios adecuados para la instalación y la implementación de la mejora en la dosificación del hipoclorito de sodio en el agua de mar, utilizada en los intercambiadores de calor en la planta de transporte y almacenamiento de GLP(gas licuado de petróleo).

#### **5.1. COSTOS SIN MEJORA**

Al hacer un análisis del problema actual, el costo sin mejorar la dosificación de hipoclorito en la planta es muy alto, ya que se deben hacer mantenimientos periódicos para evitar un paro de la planta de improviso, ya que los microorganismos sobreviven a la dosificación actual. Los intercambiadores de calor son una parte muy importante en el almacenamiento de gas (propano y butano), lo cual implica que al llegarse a tapar los filtros tendríamos que hacer un alto en el funcionamiento de la planta, significando pérdidas económicas a la empresa.



Otro escenario que se presenta en no darse el mantenimiento periódico, es que se pueden tapar los filtros en pleno despacho de gas(desde el buque hacia la planta), y tendría un costo mucho más alto que el de un paro sin el buque, ya que eso representaría un rubro adicional por el buque que estaría en espera hasta que se solucione el problema de limpiar los filtros e intercambiadores de calor, como ha sucedido en ocasiones anteriores.

### **5.1.1. Índices económicos, costos beneficios**

#### **5.1.1.1. Análisis actual de costo manteniendo periódico de filtros e intercambiadores de calor.**

Se realiza en base a los sueldos 2015 en horas hombres trabajados por días.

|                      |                   |             |
|----------------------|-------------------|-------------|
| Ingeniero Senior     | \$3000.00 Mensual | (1 Ing)     |
| Ingeniero Junior     | \$1200.00 Mensual | (1 Ing.)    |
| Trabajadores obreros | \$340 Mensual     | (8 obreros) |

En base al sueldo mensual se obtiene el sueldo por horas para poder calcular el costo del trabajo por horas.

Llegando a:

|   |                  |             |
|---|------------------|-------------|
| Ingeniero Senior                                | \$12.50 por hora | (1 Ing)     |
| Ingeniero Junior                                | \$5.00 por hora  | (1 Ing.)    |
| Trabajadores obreros                            | \$1,42 por hora  | (8 obreros) |
| Suma de costo total de la cuadrilla de trabajo. |                  |             |

|                          |      |       |                              |
|--------------------------|------|-------|------------------------------|
| Ingeniero Senior         | \$   | 12.00 |                              |
| Ingeniero Junior         | \$ + | 5.00  |                              |
| Trabajadores obreros (8) | \$ + | 11.36 |                              |
|                          | \$   | 28.86 | costo de cuadrilla por hora. |

Limpieza de filtros (En el muelle y planta).

Costo de cuadrilla por horas en demora de la limpieza (6 horas en muelle y 6 en planta).

Reemplazando:

$$\$28.86 \times 12 = \$346.32 \text{ (Costo diario).}$$

Limpieza dos veces por semana, por lo tanto:

$$\$346.32 \times 2 = \$692.64 \text{ (Costo semanal)}$$

Costo mensual:

$$\$692.64 \times 4 = \$2,770.56$$

Costo anual:

$$\$2,770.56 \times 12 = \$33,246.72$$

### **Costo de limpieza de intercambiadores**

Limpieza en los intercambiadores de calor

Una limpieza semanal.

Costo de cuadrilla X horas en demora de la limpieza

Reemplazando:

$$\$28.86 \times 10 = \$288.6 \text{ (Costo semanal).}$$

Costo mensual:

$$\$288.6 \times 4 = \$1,154.4$$

Costo anual:

$$\$1,154.4 \times 12 = \$13,852.8$$

Una vez sacado los costos aparte anual, hacemos la sumatoria de los dos costos, y obtener un costo anual de mantenimiento periódico.

Costo de limpieza de filtros + costo de limpieza de intercambiadores

$$\$33,246.72 + \$13,852.8 = \$47,099.52 = \text{Costo actual de limpieza (precio único)}$$



Figura 27. Costos por mantenimiento en filtros e intercambiadores de calor  
Elaborado por: Santiago Abel Silva Tomalá<sup>43</sup>

12\*: SE ESTIMA ES EL TOTAL DE HORAS PARA REALIZAR LA LIMPIEZA DE FILTROS  
 2\*: SE REALIZAN 2 LIMPIEZAS POR SEMANA  
 10\*: SE ESTIMA ES EL TOTAL DE HORAS PARA REALIZAR LA LIMPIEZA INTERCAMBIADORES  
 1\*: SE REALIZA UNA LIMPIEZA SEMANAL A INTERCAMBIADORES DE CALOR

<sup>43</sup>Santiago Abel Silva Tomalá

**5.1.1.2. Análisis de costo de limpieza por taponamiento en los filtros e intercambiadores de calor (cuando se envía gas desde el buque a planta).**

Horas de limpieza en:

Filtros del muelle + filtros planta + intercambiadores de calor

Reemplazando:

$$6+6+ 10= 22(\text{total horas})$$

Así tenemos:

Costo de horas/hombres x horas trabajadas=Costo de trabajo realizado

Reemplazando:

$$28.86 \times 22= 634.92$$

Costo de Alquiler de camioneta para llevar los materiales \$60 diario.

Costo de grúa (solo se utiliza en limpieza de intercambiadores) \$40 hora, el costo total por 10 horas de uso seria \$400

Costo total en limpieza de taponamiento es:

Costo de trabajo realizado + costo camioneta + costo de grúa

Reemplazando:

$$634.92+60+400=1094.92 \text{ Costo total de limpieza.}$$

Adicional tenemos el costo del buque cargado, un valor de \$40.000 por dos días descargando gas hacia la planta de almacenamiento.

Tenemos:  $\$40000/48h=833.33$  \$/h costo por hora.

Hacemos la relación entre:

Costo de buque en horas x horas en demora de limpieza

Reemplazando:

$833.33 \times 16 = \$13333.20$  (costo adicional por paro en la descarga causado por el taponamiento de los intercambiadores)

Se reducen 6 horas debido a que el trabajo se lo realiza simultáneamente en los filtros de planta y muelle, por lo tanto, las 22 horas de trabajo se disminuyen a 16 horas continuas.

El valor total seria:

Costo adicional del buque + costo de limpieza

Reemplazando

$\$13333.20 + \$1094,92 = \$14428.12$

Si no se realiza una limpieza periódica en el con la actual dosificación esto puede ocurrir cuatro (4) trimestralmente caso actual 2014, con el buque en descarga, por lo que el costo anual, seria:

$\$14,428.12 \times 4 = \$57712.48$  (Costo anual de limpieza).

- EN COSTOS ANUALES SE MULTIPLICAN POR 4 DEBIDO A QUE LA OCURRENCIA DE TAPONAMIENTO ES TRIMESTRAL (2014)
- SE MULTIPLICA EL COSTO POR HORA/DÍAS DE ESPERA DEL BUQUE TANQUE



Figura 28 Costos de Limpieza de Taponamiento de filtros e intercambiadores  
Elaborado por: Santiago Abel Silva Tomalá<sup>44</sup>

<sup>44</sup>Santiago Abel Silva Tomalá

## **5.2. COSTOS DE IMPLEMENTAR MEJORA**

Análisis del costo en referencia a la mejora propuesta en la efectividad en control de microorganismos en el agua de mar utilizada en el sistema.

### **5.2.1. Implementación de mejora en la dosificación.**

Para la mejora en la dosificación se debe implementar dos bombas (una en función y otra para cuando esta fuera de funcionamiento o se dañe la anterior) para inyectar el hipoclorito directamente a la tubería, debe que ser mayor a 9 bar para vencer la presión a la que se encuentra la tubería dúplex, así llevar a circular el agua de mar en toda la planta.

Adicional se necesita lo siguiente:

- Tubería de 2" de acero inoxidable cedula 40.
- Accesorios para la sujeción de la tubería nueva y el acople a la tubería matriz.
- Cable 4 conductores #4 AWG.
- Variador de velocidad.
- Se evalúa el costo horas hombres para la soldadura y los trabajos para hacer la instalación adecuada para la dosificación directa a la tubería madre.

Con este sistema se va a lograr disminución de tiempo en el proceso de limpieza de tuberías.



Implementación de equipos con el fin de reducir costos y optimizar las consideraciones de operación del proceso mejorando el rendimiento de la planta, disminución de utilización de maquinaria pesada y personal adicional para la limpieza de los intercambiadores y los filtros ubicados en el tubería para el intercambio de calor.

### **Costos de equipos para implementar mejora**

Costo de motor y bomba para dosificación.

\$20,000(Precio referencial)

Costo de variador de velocidad

\$5,000 (Precio referencial)

Valor de cable 4 conductores #4 AWG 600 V (12m).

\$40.71 (costo por metro) X 12= \$488.52

Costo de tubería de 2" acero inoxidable cedula 40(20m).

\$123.36 (costo por metro) X 20= \$2,467.2

Costo de instalación, conexión y prueba de funcionamiento

\$ 6,000

Por precaución de hará dos limpiezas anuales tanto de los filtros como en los intercambiadores de calor

### 5.2.1.1. Análisis de costo de limpieza por taponamiento en los filtros e intercambiadores de calor (Con los valores referenciales)

Podemos sacar los valores de limpieza anual

Horas de limpieza en:

Filtros del muelle + filtros planta + intercambiadores de calor

Reemplazando:

Horas= 6+6+ 10= 22(total horas)

Así tenemos:

Costo de hombres x horas trabajadas=Costo de trabajo realizado

Reemplazando:

Costo total de limpieza= \$28.86 X 22= \$634.92

Costo de limpieza anual (implementando la dosificación compartida solo haríamos dos limpiezas al año)

Costo de limpieza anual= \$634.92 X 2 = \$1,269.84

Una vez obteniendo todos los costos, hacemos la sumatoria de los gastos para la implementación del sistema de dosificación compartida con dos limpiezas anuales.

Costo de bomba + costo de variador de velocidad + costo de cable + costo de tubería + costo de instalación + costo de limpieza anual

Reemplazando:

= \$20,000 + \$5,000 + \$488.52+ \$2,467.2+ \$ 6,000+ \$1,269.84=\$35,225.56

Costo total de implementación= \$35,225.56

### **5.2.1.2. Costo de reparación del taponamiento de filtros e intercambiadores**

Para la limpieza de los filtros e intercambiadores de calor se necesitó materiales y equipos siguientes:

- Taladros y cepillos (para limpieza de los filtros)
- Grúa, mecánico, para sacar la tapa, y meter el
- Taladro con sonda para limpiar 8 horas (limpiar propano y butano) dos horas para limpiar los filtros
- Andamios

Para realizar el trabajo de limpieza en los filtros, ubicados en el primer descanso del muelle (planta generadora de hipoclorito de sodio) se demora, dos (2) horas en armar los andamios, la limpieza con taladro y el cepillo. Dos trabajadores para el armado de andamio y llevar materiales al sitio, 8 personas para la limpieza de los filtros.

La limpieza en sí dura un promedio de cuatro (4) horas de trabajo en los filtros ubicados en la tubería saliente de las bombas de captura de agua de mar.

En los filtros ubicados en planta cerca de los intercambiadores de calor se realizó el mismo procedimiento y con el tiempo aproximado igual al de los filtros ubicados en el muelle, trabajando simultáneamente.

En los intercambiadores de calor para realizar la limpieza, se necesitó una grúa para poder sostener las tapas de los mismos, una vez ocurrido aquello se procedió a limpiar los intercambiadores de calor, esto se lo realizó con una sonda rotada por un taladro, adicional al taponamiento por los microorganismos una mala operación hizo congelar el agua dentro de los intercambiadores por lo que se tuvo que meter agua caliente.

Para culminar el trabajo de limpieza de los intercambiadores duró diez (10) horas.

Para realizar la limpieza se tuvo que parar el envío de gas desde el buque hacia la planta, el costo del buque tiene un costo promedio que está entre \$30000-40000 por día.

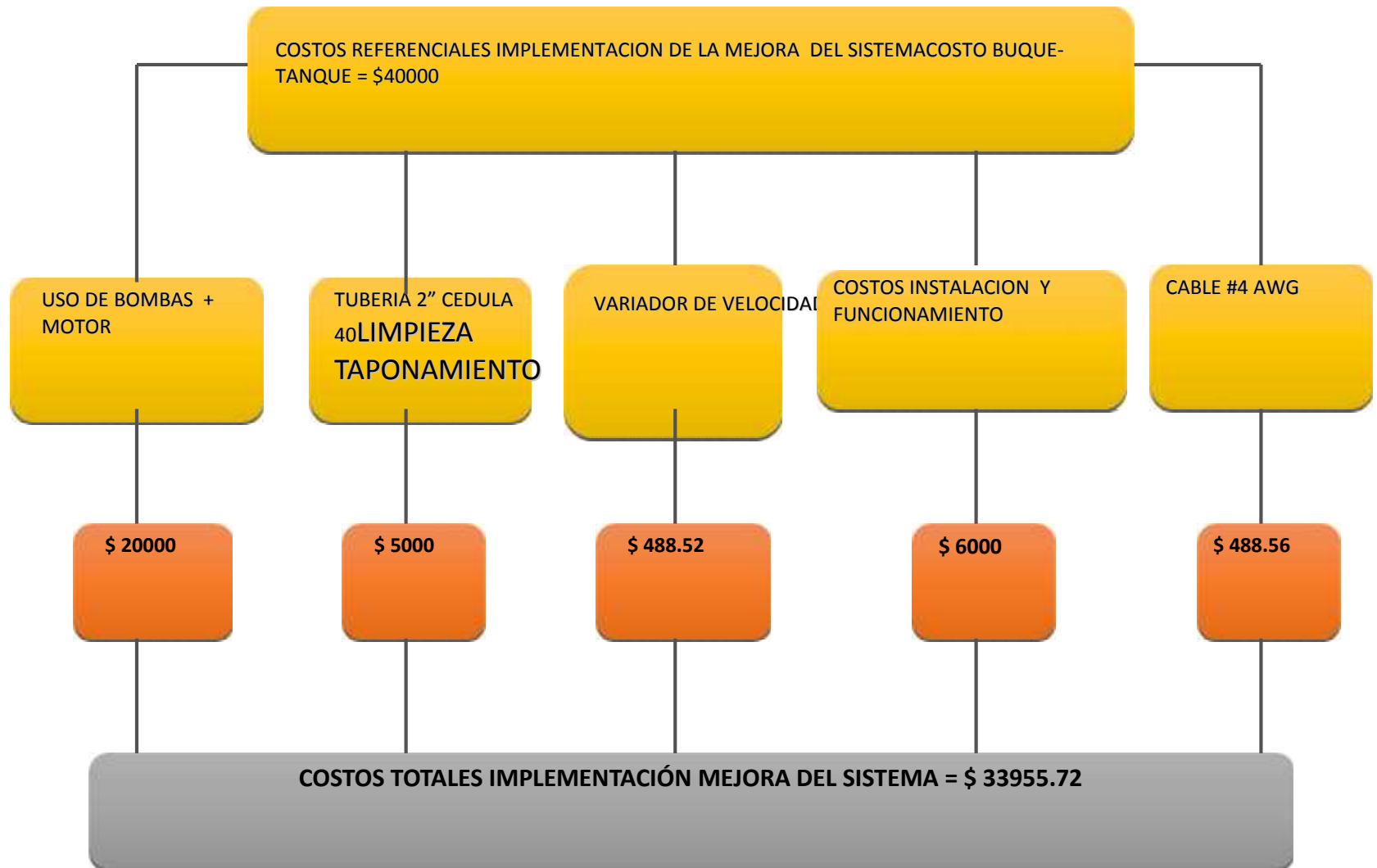


Figura 29. Costos Referenciales de Implementación de la mejora del sistema  
Elaborado por: Santiago Abel Silva Tomalá<sup>1</sup>

### 5.2.1.3. Cuadro comparativo

Realizado los costos procedemos hacer una comparación entre los distintos puntos, para ver el ahorro anual que tendríamos si implementamos la mejora.

La tabla N°17 describe cada uno de los valores necesarios para realizar la comparación costo beneficio.

| <b>Primer año</b>  | <b>COSTOS</b> |
|--|---------------|
| <b>Implementación de mejora en la dosificación(solo en dos limpiezas anuales)</b>          | \$35,225.56   |
| <b>Análisis de costo manteniendo periódico de filtros e intercambiadores de calor.</b>     | \$47099.52    |
| <b>Análisis de costo de limpieza por taponamiento en los filtros e intercambiadores de</b> | \$57712.48    |

Tabla 17. Cuadro de costos en el primer año de implementación de mejora. Santiago Abel Silva Tomalá.<sup>45</sup>

Elaborado por:

---

<sup>45</sup>Santiago Abel Silva Tomalá

**Comparación de costos (Análisis de costo mantenimiento periódico de filtros e intercambiadores de calor- Implementación de mejora en la dosificación)**

**Ahorro anual**=Análisis de costo mantenimiento periódico de filtros e intercambiadores de calor - Implementación de mejora en la dosificación.

$$\text{Ahorro anual} = \$47099.52 - \$35,225.56 = \$11,837.96$$

**Comparación de costos(Análisis de costo de limpieza por taponamiento en los filtros e intercambiadores de calor- Implementación de mejora en la dosificación.)**

**Ahorro anual**= Análisis de costo de limpieza por taponamiento en los filtros e intercambiadores de calor- Implementación de mejora en la dosificación.

$$\text{Ahorro anual} = \$57712.48 - \$35,225.56 = \$22,486.92$$

En el primer escenario la planta se ahorraría \$11,837.96, que es el valor en base a los mantenimientos periódicos que hay que darle para que no ocurra el taponamiento de los filtros e intercambiadores de calor.

Como se puede apreciar en el segundo escenario, con respecto al primer año de la implementación de la mejora, se estaría ahorrando a la empresa un valor estimado de \$22,486.92 cuyo valor es muy apreciable en comparación a lo que se gasta para implementar la mejora en la planta para el sistema de enfriamiento.

| <b>Primer año</b>   | <b>COSTOS</b> |
|---|---------------|
| <b>Implementación de mejora en la dosificación(2 mantenimiento por año)</b>                       | \$1,269.84    |
| <b>Análisis de costo manteniendo periódico de filtros e intercambiadores de calor.</b>            | \$47,099.52   |
| <b>Análisis de costo de limpieza por taponamiento en los filtros e intercambiadores de calor.</b> | \$57712.48    |

*Tabla18. Cuadro de costos en el segundo año de implementación de mejora. Elaborado por: Santiago Abel Silva Tomalá.<sup>46</sup>*

**Comparación de costos (Análisis de costo manteniendo periódico de filtros e intercambiadores de calor- Implementación de mejora en la dosificación.)**

**Ahorro anual**=Análisis de costo manteniendo periódico de filtros e intercambiadores de calor - Implementación de mejora en la dosificación

**Ahorro anual**= \$47099.52-\$1,269.84= \$45,829.68

**Comparación de costos(Análisis de costo de limpieza por taponamiento en los filtros e intercambiadores de calor- Implementación de mejora en la dosificación.)**

---

<sup>46</sup>Santiago Abel Silva Tomalá.



**Ahorro anual=** Análisis de costo de limpieza por taponamiento en los filtros e intercambiadores de calor- Implementación de mejora en la dosificación

**Ahorro anual=**  $\$57712.48 - \$1,269.84 = \$56,442.64$

El ahorro anual sería un 90% del costo con respecto al primer año, la implementación hace que el gasto sea menor, ya que solo se haría mantenimiento preventivo dos veces al año.

Los análisis están sujetos a cambios de costos en materiales y también varía según pasen los años, ya que año a año el sueldo básico varía y los precios referenciales también.

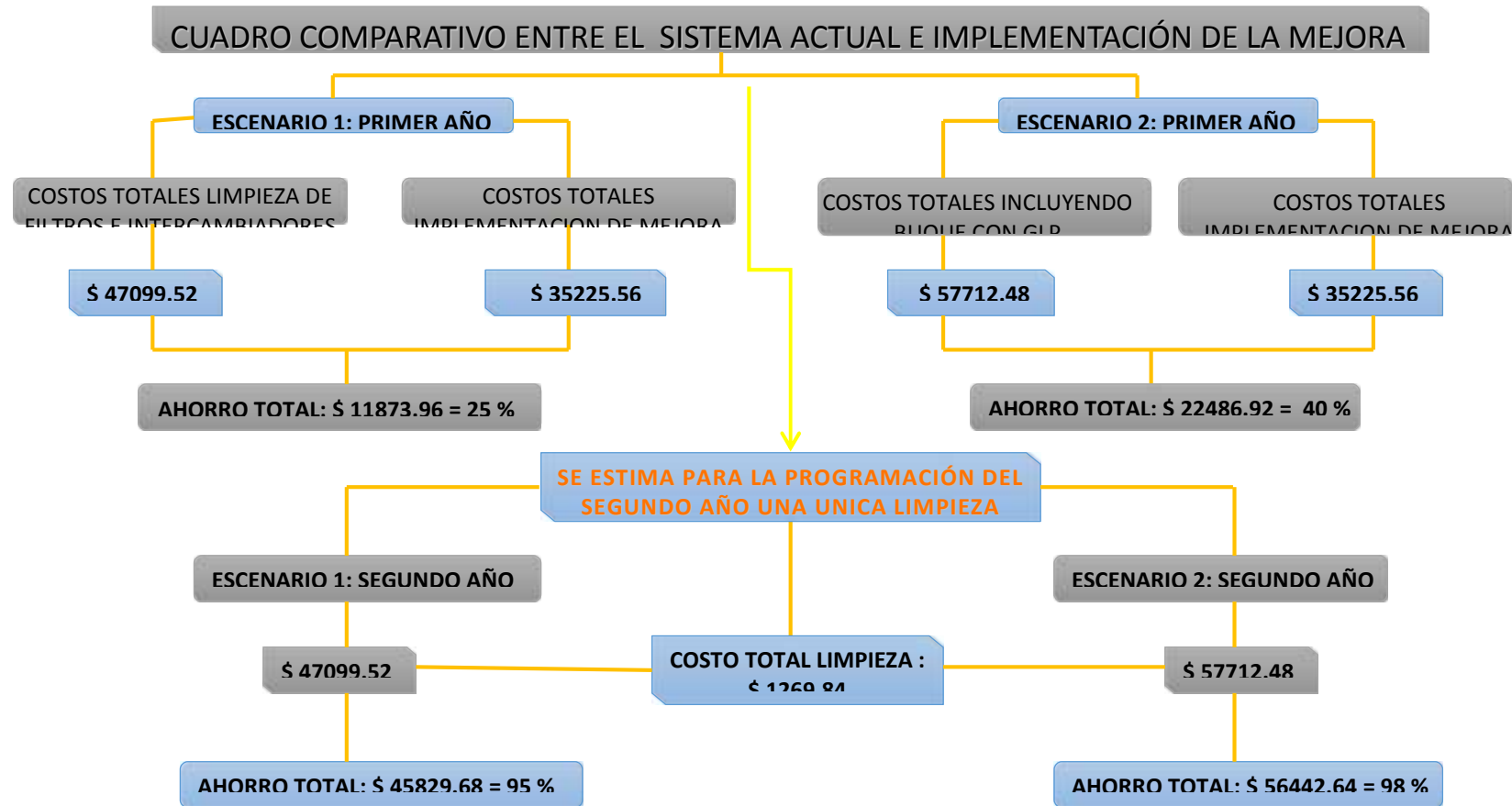


Figura 30. Cuadro Comparativo entre el Sistema Actual e Implementación de la mejora. Santiago Abel Silva Tomalá<sup>47</sup>

Elaborado por:

<sup>47</sup>Santiago Abel Silva Tomalá

## CAPITULO VI

### 6. IMPACTO AMBIENTAL

#### 6.1. Análisis de impacto ambiental de la implantación de la mejora de planta

Los parámetros de control fueron establecidos en el texto unificado de la legislación ambiental (TULAS 2002), Libro VI, anexo 1 de la tabla 23 cumpliendo con los criterios de la calidad admisible para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, frías o cálidas y en aguas marinas y de estuario. Los parámetros de control se muestran en la tabla correspondiente.

| PARAMETROS                                 | EXPRESADO COMO                | UNIDAD | LIMITE MAXIMO PERMISIBLE CUERPO DE AGUA DULCE | LIMITE MÁXIMO PERMISIBLE CUERPO DE AGUA MARINA | LIMITE PERMISIBLE SISTEMA DE ALCANTARILLADO |
|--|-------------------------------|--------|---|--|---|
| Temperatura                                | ro.C                          |        | < 35  | < 35   | < 35  |
| Potencial Hidrogeno                        | Ph                            | -      | 5 --9   | 6 -- 9   | 5 --9                                       |
| Aceites y grasas                           | Sustancias Solubles en hexano | mg/l   | 0,3   | 0,3  | 100   |
| Cloro activo                               | Cl                            | mg/l   | 0,5   | -  | 0,5   |
| Coliformes fecales                         | nmp/100ml                     | mg/l   | 2Remoción>al 99.9 %                           | 2Remoción>al 99.9 %                            |   |
| Demanda Bioquímica de Oxígeno(cianco días) | DBO5                          | mg/l   | 100   | 100  | 250   |
| Demanda química de Oxígeno                 | DQO                           | mg/l   | 250   | 250  | 500   |
| Sólidos Suspendidos Totales                | --                            | mg/l   | 100   | 100  | 220   |
| Tensoactivos                               | Activas al Azul de Metileno   | mg/l   | 0,5   | 0,5  | 2   |
| Hidrocarburos Totales de petróleo          | HTP                           | mg/l   | 20  | 20   | 20  |

*Tabla19 Texto Unificado de la Legislación Ambiental, Libro VI: De la calidad ambiental. DE-3516 RO-E2:31 marzo-2003. (2) Normas Técnicas Ambientales para la Prevención y Control de la Contaminación Ambiental para los sectores de Infraestructuras: Eléctrico, Telecomunicación y Transporte (Puertos y Aeropuertos). Fuente: Ministerio del ambiente, Registro Oficial No. 41, 14 E3 Marzo del 2007.<sup>48</sup>*

<sup>48</sup>Ministerio del ambiente, Registro Oficial No. 41, 14 E3 Marzo del 2007.

Los análisis de laboratorios y muestreos, los realizó el laboratorio acreditado Productos y Servicios Industriales (PSI), cumpliendo con lo establecido por el Ministerio de Energía, Minas y Petróleo.

Se analizó cualitativamente y cuantitativamente la abundancia de especies que hay de fitoplancton y zooplancton.

También se tomaron como referencia al Reglamento Ambiental para operaciones hidrocarburíferas.

## **6.2.EFECTO DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LA MEJORA, SOBRE LAS CORRIENTES MARINAS DEL GOLFO DE MONTEVERDE**

Los parámetros ya establecidos, indican los límites máximos permisibles en el cual se puede descargar el hipoclorito mezclado con el agua de mar.

A continuación se presenta los posibles efectos para los distintos planteamientos de mejoras en el control de crecimiento de microorganismos, en la planta de hipoclorito.

- Sistema de dosificación a carga compartida.

Este caso de dosificación es el más recomendado para el control de microorganismo, en el cual se requiere hacer un análisis de laboratorio del % de NaOCl que sale al final del recorrido del agua de mar, para el enfriamiento del gas (propano y butano), en este primer caso de dosificación de carga compartida, habrá mucho más porcentaje de hipoclorito de sodio en la salida de agua que se descarga directamente al mar, motivo por el cual se debería realizar una separación del hipoclorito con el agua de mar, para que no supere

los límites permisibles que se debe enviar al océano y así no afectar la flora en la zona de la costa en Monteverde.

- Sistemas de dosificación uniforme (única).

En este caso no habría problema, si quitamos la dosificación al pie de las bombas e implantamos una dosificación directamente a la tubería. Los límites de NaOCl que se puede descargar en el mar no le afectarían ya que están dentro del rango.

- Sistema de dosificación mediante combinación de niplescoscosos y venturi (Mezcladores tipo Venturi).

Este sistema plantea una dosificación de inyección diferente, pero no aumenta los ppm de NaOCl, lo que podemos decir que no afectaría o no aumentaría el % de hipoclorito que sale en la descarga del agua de mar.

- Sistema existente inalterable

En este ítem, la dosificación quedaría como está, habría que poner a trabajar al equipo para controlar mejor a los microorganismos, pero haciendo un mantenimiento más seguido de los filtros para que no sean taponados por el crecimiento de ellos, en este sistema de dosificación no afecta o no supera el límite permisible de la descarga del hipoclorito en el agua de mar

### **6.3. ENTIDAD AMBIENTAL DE CONTROL**

Es la Autoridad Ambiental Nacional, con atribuciones de control ambiental correspondientes a la autoridad ambiental nacional, o los organismos del Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental, SNDGA, o las instituciones

integrantes en su respectivo ámbito de competencias sectoriales o por recursos naturales.

#### **6.4.IMPACTO AMBIENTAL**

Es el cambio o consecuencia que afecta al ambiente como resultado de una acción específica o proyecto.

#### **6.5.OPTIMIZACIÓN Y/O MATRIZ DE DECISIONES**

La optimización de la planta requiere que se tome la mejor decisión en cuanto al control de los microorganismos, ya que no se puede dejar al 0% de materia orgánica al agua que circula para el intercambio de calor en el gas.

Al implementar uno de los puntos para la mejora de la dosificación se requiere hacer un análisis de agua en el punto de salida o de descarga que llega al mar.

La implementación de la dosificación compartida es la más recomendable, así mismo se debe hacer un análisis de los microorganismos y del porcentaje de hipoclorito de sodio, si excede los 3ppm de NaOCl mezclada con el agua de mar, se deberá hacer un segundo análisis para la implementación de la separación del hipoclorito de sodio con el agua de mar, ya que al no hacer esto, si descargamos el agua directamente al mar estaríamos afectando a la flora, matando poco a poco en sus alrededores.

## **6.6.LABORATORIO ACREDITADO**

Persona jurídica, pública o privada, que realiza los análisis físicos, químicos, bioquímicos o microbiológicos en muestras de agua, que se encuentre acreditado por el Organismo de Acreditación Ecuatoriano (OAE).

## **6.7.MUESTRA PUNTUAL**

Muestra individual, tomada al azar (con relación al tiempo y/o lugar de un volumen de agua), representa la calidad del agua en el tiempo y en lugar en que fue tomada.

## CAPITULO VII

### 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 7.1.Conclusiones

- El sistema actual presenta una deficiencia para controlar eficazmente los microorganismos, estos se reproducen causando taponamiento en tuberías, filtros e intercambiadores de calor.
- Los puntos de dosificación para el sistema actual utilizado en la circulación de agua fueron considerados solo para la protección de los filtros de las bombas.
- No se aprovecha el 100% de la dosificación del hipoclorito ya que es inyectado al mar cerca de los filtros de las bombas causando una mezcla no correcta entre agua de mar y el hipoclorito de sodio.
- Los filtros de las bombas a los que se realizó mantenimiento presentan una capa adicional notándose la presencia de organismos ya desarrollados e incrustados, demostrando que sobreviven a la dosificación actual.
- La dosificación compartida protege a los filtros de las bombas, filtros de la superficie, tuberías e intercambiadores de calor.
- La planta de hipoclorito se debe poner a trabajar al máximo (3 ppm de NaOCl) para proteger efectivamente los filtros de las bombas.



## 7.2.RECOMENDACIONES

- Se debe no solo proteger a los filtros de las bombas; sino también a la tubería, los filtros que están en superficie y los intercambiadores de calor.
- La dosificación se debe hacer a la tubería y al pie de las bombas, para ello se utiliza una bomba con presión de 9 bar y una potencia de 12 hp según los cálculos en el Anexo 1.
- Realizar un análisis de porcentaje de hipoclorito de sodio vertido junto con el agua de mar al océano con el fin de no exceder el límite permisible de 3ppm, si este se excede se tendría que hacer una piscina de decantación antes que sea vertida el agua directamente al mar.
- El generador de hipoclorito de sodio tiene aparte un ácido clorhídrico hidratado (HCl al 35%), que se utiliza para limpiar las celdas que sirven para hacer electrolisis que generan el hipoclorito de sodio, en el cual se recomienda hacer un cambio del ácido cada cuatro (4) semanas, y así trabaje correctamente.

## **BIBLIOGRAFÍA**

<http://es.wikipedia.org/wiki/Electr%C3%B3n>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Electr%C3%B3lisis>

<http://es.slideshare.net/sofiapau13/amperaje-voltaje-y-resistencia>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Fitoplancton>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Zooplancton>

Manual de la generación de hipoclorito de sodio de la planta de transporte y almacenamiento de Glp ubicada en Monteverde

Manual de operación de la planta de transporte y almacenamiento de Glp ubicada en Monteverde

Anexo 1 del libro vi del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente: norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua

## ANEXOS

### **Anexo 1 Cálculo del sistema de dosificación en línea (incluye esquema planteado)**

Cálculo de potencia requerida:

Partiendo del principio que la potencia de una bomba se establece de acuerdo a la ecuación de estado siguiente:

$$HP = GPM * ( P ) / 1414 * \dots\dots\dots Ec. 1$$

Dónde:

HP es la potencia del motor requerida

GPM es el flujo de hipoclorito requerido expresado en galones por minuto

P representa el diferencial de presión requerido expresado en psi

1414 es la constante dimensional de ajuste de unidades; y.

representa la eficiencia del equipo, cuyo valor para este tipo de equipos es de 65% aproximadamente y que de acuerdo al análisis donde el flujo, la constante y la eficiencia se mantendrían constantes, se generaría un sistema de ecuaciones de 1er grado y a condiciones estacionarias la siguiente relación:

$$HP_{(1)} = GPM_{(1)} * ( P )_{(1)} / 1414 * \dots\dots\dots para la condición inicial (actual)$$

$$HP_{(2)} = GPM_{(2)} * ( P )_{(2)} / 1414 * \dots\dots\dots para la condición requerida (propuesta)$$

Bajo ese criterio:

1414 es una constante,  $GPM (1) = GPM (2)$ , y  $(1) = (2)$  se mantiene constante por lo que ante una relación se compensan (se eliminan); por lo que las ecuaciones quedarían de la siguiente forma:

$$HP_{(1)} = GPM_{(1)} * (P)_{(1)} / 1414 * (1)$$

$$HP_{(2)} = GPM_{(2)} * (P)_{(2)} / 1414 * (2)$$

Donde su relación sería solo una relación de caídas de presión:

$$HP_{(1)} * (P)_{(2)} / HP_{(2)} * (P)_{(1)} \dots \dots \dots \text{Ec 2.-}$$

Considerando ahora los valores de campo se obtiene:

$$HP_{(1)} = 4 \text{ HP}$$

$$(P)_{(2)} = 9 \text{ Barg}$$

$$HP_{(2)} = \text{a determinar}$$

$$(P)_{(1)} = 3 \text{ barg}$$

Reemplazando en la ecuación general (2) desarrollada se obtiene que se requiere una nueva bomba con una potencia de 12 HP

Una vez obtenido la presión y la potencia de la bomba podemos obtener el volumen a desplazar de la bomba por medio de la siguiente fórmula:

$$Q \text{ (lts/min)} = \frac{P1 \text{ (HP)} * 450}{P2 \text{ (bar)}}$$

Dónde:

Q es el caudal que va a inyectar la bomba en lts/min

P1 es la potencia de la bomba en HP

P2 es la presión de la bomba en bar

450 es la constante dimensional de ajuste de unidades

Reemplazando los valores tendríamos lo siguiente:

$$Q=600 \text{ lts/min}$$

Hacemos la conversión para llevarla a  $\text{m}^3/\text{h}$

$$Q= 600 \text{ lts/min} * 1\text{m}^3/1000\text{lts} * 60\text{min}/1\text{h} = 36 \text{ m}^3/\text{h}$$

Finalmente tendríamos que la bomba dosificaría a  $36 \text{ m}^3/\text{h}$

## **Anexo 2. Fotos de equipo y área en el análisis de ppm de NaOCl en la planta de transporte y almacenamiento de gas en Monteverde**

- **Equipo para análisis de cloro**



FUENTE: Tomada en campo por Santiago Abel Silva Tomalá

- Certificado de calibración del analizador de cloro.



Fuente: Tomada en campo por Santiago Abel Silva Tomalá

### Anexo 3.Resultado del análisis Fitoplancton

**Tabla N° 1. Resultado del análisis Fitoplancton**

| Resultados análisis Fitoplancton             |                    |            |          |          |          |          |
|--|--------------------|------------|----------|----------|----------|----------|
| TAXONES                                      | Unidades           | Resultados |          |          |          |          |
|  |                    | M1         | M2       | M3       | M4       | M5       |
| <b>División:<br/>BACILLARIOPHYCEA<br/>CE</b> |                    |            |          |          |          |          |
| <b>Clase:DIATOMOPHY<br/>CEAE</b>             |                    |            |          |          |          |          |
| <b>Orden CENTRALES</b>                       |                    |            |          |          |          |          |
| Biddulphia aurita                            | Cel/m <sup>3</sup> |            | 2,20E+01 | 3,30E+01 |          | 2,20E+01 |
| Chaetoceros affinis                          | Cel/m <sup>3</sup> | 2,20E+01   |          |          |          | 3,30E+01 |
| Chaetoceros coarctatus                       | Cel/m <sup>3</sup> | 2,42E+02   | 7,70E+02 | 3,30E+01 | 8,80E+01 | 2,20E+02 |
| Chaetoceros eibenu                           | Cel/m <sup>3</sup> | 2,53E+02   | 1,54E+02 | 7,70E+01 | 5,50E+01 | 3,30E+01 |
| Coscinodiscus excentricus                    | Cel/m <sup>3</sup> | 4,40E+01   |          | 5,50E+01 | 9,90E+01 | 8,80E+01 |
| Gossleriella tropica                         | Cel/m <sup>3</sup> | 1,10E+01   | 1,65E+02 |          |          |          |
| Lauderia borealis                            | Cel/m <sup>3</sup> | 2,20E+01   | 5,50E+01 | 3,63E+02 | 2,42E+02 | 2,97E+02 |
| Lectocylindrus danicus                       | Cel/m <sup>3</sup> |            |          |          | 5,50E+01 | 0,00E+00 |
| Melosira sulcata                             | Cel/m <sup>3</sup> |            |          | 5,50E+01 | 7,70E+01 | 9,90E+01 |
| Rhizosolenia hyalina                         | Cel/m <sup>3</sup> |            |          |          |          | 4,40E+01 |
| Rhizosolenia imbricata                       | Cel/m <sup>3</sup> |            | 1,10E+01 | 6,60E+01 | 1,10E+02 | 1,54E+02 |
| Rhizosolenia stolterfothii                   | Cel/m <sup>3</sup> |            | 6,60E+01 | 1,98E+02 |          | 2,20E+01 |
| Stauroneis membranaceo                       | Cel/m <sup>3</sup> |            |          |          | 1,65E+02 | 1,65E+02 |
| Stephanopyxis palmeriana                     | Cel/m <sup>3</sup> |            |          | 3,30E+02 | 1,10E+02 | 2,42E+02 |
| Triceratutium favus                          | Cel/m <sup>3</sup> |            |          | 6,60E+01 | 6,60E+01 | 4,40E+01 |
| <b>Orden PENNALES</b>                        |                    |            |          |          |          |          |
| Nitzschia pacifica                           | Cel/m <sup>3</sup> |            |          |          |          | 4,40E+01 |
| Pleurosigma angulatum                        | Cel/m <sup>3</sup> |            |          |          |          | 5,50E+01 |

### Resultados análisis Fitoplancton

| TAXONES                              | Unidades           | Resultados |          |          |          |          |
|--------------------------------------|--------------------|------------|----------|----------|----------|----------|
|                                      |                    | M1         | M2       | M3       | M4       | M5       |
| División:<br>BACILLARIOPHYCEA<br>CE  |                    |            |          |          |          |          |
| Clase:DIATOMOPHY<br>CEAE             |                    |            |          |          |          |          |
| <b>DINOFLAGELADO</b>                 |                    |            |          |          |          |          |
| <b>Amphisolenia<br/>bidenta</b>      | Cel/m <sup>3</sup> |            |          |          |          | 2,20E+01 |
| <b>Ceratium furca</b>                | Cel/m <sup>3</sup> | 2,64E+02   | 6,71E+02 | 1,76E+02 | 3,30E+02 | 4,40E+02 |
| <b>Ceratium trichoceros</b>          | Cel/m <sup>3</sup> | 0,00E+00   | 0,00E+00 | 2,20E+01 | 5,50E+01 | 4,40E+01 |
| <b>Ceratium tripos</b>               | Cel/m <sup>3</sup> | 1,54E+02   | 4,73E+02 | 1,87E+02 | 1,65E+02 | 1,87E+02 |
| <b>Dinophysis caudata</b>            | Cel/m <sup>3</sup> | 2,20E+01   | 3,30E+01 |          |          |          |
| <b>Omithocercus steini</b>           | Cel/m <sup>3</sup> | 1,10E+01   | 3,30E+01 | 8,80E+01 | 4,40E+01 | 3,30E+01 |
| <b>Podolampas bipes</b>              | Cel/m <sup>3</sup> | 1,10E+01   | 4,40E+01 |          |          |          |
| <b>Prorocentrum<br/>micans</b>       | Cel/m <sup>3</sup> | 2,20E+01   |          |          |          |          |
| <b>Protoperidium<br/>conicum</b>     | Cel/m <sup>3</sup> |            | 3,30E+01 |          | 4,40E+01 |          |
| <b>Protoperidium<br/>depressum</b>   | Cel/m <sup>3</sup> | 2,20E+01   |          | 9,90E+01 | 3,30E+01 | 6,60E+01 |
| <b>Protoperidium<br/>oceanicum</b>   | Cel/m <sup>3</sup> |            |          | 7,70E+01 | 2,20E+01 | 4,40E+01 |
| <b>Protoperidium<br/>quarnerense</b> | Cel/m <sup>3</sup> | 5,50E+01   | 3,19E+02 | 5,06E+02 | 1,54E+02 | 2,75E+02 |
| <b>Pyrocystis lunula</b>             | Cel/m <sup>3</sup> | 3,30E+01   | 2,20E+01 | 1,65E+02 | 6,60E+01 | 5,50E+01 |
| <b>Pyrocystis steinii</b>            | Cel/m <sup>3</sup> | 2,20E+01   | 2,53E+02 | 1,10E+02 | 6,60E+01 | 6,60E+01 |
| <b>SILICOFLAGELADO</b>               |                    |            |          |          |          |          |
| <b>Dictyocha fibula</b>              | Cel/m <sup>3</sup> |            |          | 2,20E+01 | 3,30E+01 | 3,30E+01 |
| <b>TINTINIDOS</b>                    |                    |            |          |          |          |          |
| <b>Sp</b>                            | Cel/m <sup>3</sup> |            | 5,50E+01 | 2,20E+01 | 1,43E+02 | 6,60E+01 |
| <b>TOTAL</b>                         | Cel/m <sup>3</sup> | 1,21E+03   | 3,18E+03 | 2,75E+03 | 2,22E+03 | 2,89E+03 |

Fuente: Petróleos y servicio C. LTDA.



## Anexo 4. Resultado Análisis Zooplancton

Tabla N° 2. Resultado Análisis Zooplancton

| Resultados análisis Zooplancton  |                       |            |       |       |       |       |
|----------------------------------|-----------------------|------------|-------|-------|-------|-------|
| TAXONES                          | Unidades              | Resultados |       |       |       |       |
|                                  |                       | M1         | M2    | M3    | M4    | M5    |
| <b>Clase: Apendicula</b>         |                       |            |       |       |       |       |
| <b>Clase: Apendicularia</b>      |                       |            |       |       |       |       |
|                                  |                       |            |       |       |       |       |
| Oikopleura sp                    | org.100m <sup>3</sup> | -----      | 10    | 12    | 10    | 10    |
| <b>Clase: Crutacea</b>           |                       |            |       |       |       |       |
| <b>ORDEN Cirripedia</b>          |                       |            |       |       |       |       |
| <b>Estadio Larvario</b>          |                       |            |       |       |       |       |
| Balanus sp. (Nauplio)            | org.100m <sup>3</sup> | -----      | ----- | 20    | ----- | ----- |
| <b>ORDEN: Cladocera</b>          |                       |            |       |       |       |       |
| <b>Familia: Sidiidae</b>         |                       |            |       |       |       |       |
| Evadne tergestina(Claus)         | org.100m <sup>3</sup> | 100        | 60    | ----- | ----- | ----- |
| Penilia avirostri (Dana)         | org.100m <sup>3</sup> | 400        | 620   | 40    | 40    | 20    |
| <b>ORDEN: Ostracoda</b>          |                       |            |       |       |       |       |
| <b>Familia: Myodocoda</b>        |                       |            |       |       |       |       |
| Euconchoecia chierchiaie(Muller) | org.100m <sup>3</sup> | -----      | ----- | ----- | ----- | 20    |
| <b>ORDEN: Copepoda</b>           |                       |            |       |       |       |       |
| <b>Estado Larvario</b>           |                       |            |       |       |       |       |
| Nauplio I                        | org.100m <sup>3</sup> | -----      | ----- | ----- | ----- | 40    |
| <b>ORDEN: Copepodito</b>         | org.100m <sup>3</sup> |            |       |       |       |       |
| Acartia sp                       | org.100m <sup>3</sup> | -----      | 1000  | ----- | ----- | ----- |
| Acrocalanus sp                   | org.100m <sup>3</sup> | 200        | 600   | ----- | 20    | 40    |
| Calanus sp                       | org.100m <sup>3</sup> | -----      | ----- | 40    | ----- | ----- |
| Centropages sp                   | org.100m <sup>3</sup> | -----      | ----- | ----- | ----- | 80    |
| Eucalanus sp                     | org.100m <sup>3</sup> | -----      | ----- | ----- | ----- | 40    |
| Euchaeta sp                      | org.100m <sup>3</sup> | 100        | ----- | ----- | ----- | 40    |
| Fanarulla sp                     | org.100m <sup>3</sup> | 200        | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Labidocera ap                    | org.100m <sup>3</sup> | 100        | 100   | 140   | 80    | 200   |
| Pontellina sp                    | org.100m <sup>3</sup> | -----      | ----- | 4     | ----- | ----- |
| Sapphirina sp                    | org.100m <sup>3</sup> | -----      | ----- | ----- | ----- | 40    |
| temora sp                        | org.100m <sup>3</sup> | 100        | ----- | 20    | 40    | 240   |

| Resultados análisis Zooplancton   |                       |            |       |       |       |       |
|-----------------------------------|-----------------------|------------|-------|-------|-------|-------|
| TAXONES                           | Unidades              | Resultados |       |       |       |       |
|                                   |                       | M1         | M2    | M3    | M4    | M5    |
| Clase: Apendicula                 |                       |            |       |       |       |       |
| Clase: Apendicularia              |                       |            |       |       |       |       |
|                                   |                       |            |       |       |       |       |
| Oikopleura sp                     | org.100m <sup>3</sup> | -----      | 10    | 12    | 10    | 10    |
| Clase: Crutacea                   |                       |            |       |       |       |       |
| ORDEN Cirripedia                  |                       |            |       |       |       |       |
| Estadio Larvario                  |                       |            |       |       |       |       |
| Balanus sp. (Nauplio)             | org.100m <sup>3</sup> | -----      | ----- | 20    | ----- | ----- |
| ORDEN: Cladocera                  |                       |            |       |       |       |       |
| Familia: Sidiidae                 |                       |            |       |       |       |       |
| Evadne tergestina (Claus)         | org.100m <sup>3</sup> | 100        | 60    | ----- | ----- | ----- |
| Penilia avirostri (Dana)          | org.100m <sup>3</sup> | 400        | 620   | 40    | 40    | 20    |
| ORDEN: Ostracoda                  |                       |            |       |       |       |       |
| Familia: Myodocoda                |                       |            |       |       |       |       |
| Euconchoecia chierchiaie (Muller) | org.100m <sup>3</sup> | -----      | ----- | ----- | ----- | 20    |
| ORDEN: Copepoda                   |                       |            |       |       |       |       |
| Estado Larvario                   |                       |            |       |       |       |       |
| Nauplio I                         | org.100m <sup>3</sup> | -----      | ----- | ----- | ----- | 40    |
| ORDEN: Copepodito                 | org.100m <sup>3</sup> |            |       |       |       |       |
| Acartia sp                        | org.100m <sup>3</sup> | -----      | 1000  | ----- | ----- | ----- |
| Acrocalanus sp                    | org.100m <sup>3</sup> | 200        | 600   | ----- | 20    | 40    |
| Calanus sp                        | org.100m <sup>3</sup> | -----      | ----- | 40    | ----- | ----- |
| Centropages sp                    | org.100m <sup>3</sup> | -----      | ----- | ----- | ----- | 80    |
| Eucalanus sp                      | org.100m <sup>3</sup> | -----      | ----- | ----- | ----- | 40    |
| Euchaeta sp                       | org.100m <sup>3</sup> | 100        | ----- | ----- | ----- | 40    |
| Fanarulla sp                      | org.100m <sup>3</sup> | 200        | ----- | ----- | ----- | ----- |
| Labidocera ap                     | org.100m <sup>3</sup> | 100        | 100   | 140   | 80    | 200   |
| Pontellina sp                     | org.100m <sup>3</sup> | -----      | ----- | 4     | ----- | ----- |
| Sapphirina sp                     | org.100m <sup>3</sup> | -----      | ----- | ----- | ----- | 40    |
| temora sp                         | org.100m <sup>3</sup> | 100        | ----- | 20    | 40    | 240   |

| Resultados análisis Zooplancton   |                         |       |      |     |     |     |
|-----------------------------------|-------------------------|-------|------|-----|-----|-----|
| <b>ORDEN Calanoida</b>            |                         |       |      |     |     |     |
| Acartia                           |                         |       |      |     |     |     |
| lilljeborgi(Giesbrecht)           | org. 100 m <sup>3</sup> | ---   | ---  | 20  | --- | --- |
| Acartia tonsa (Danna)             | org. 100 m <sup>3</sup> | 600   | 200  | 20  | 440 | 80  |
| Acrocalanus cf gracilis           | org. 100 m <sup>3</sup> | ---   | 60   | 20  | 40  | --- |
| Acrocalanus                       |                         |       |      |     |     |     |
| longicornis (Giesbrecht)          | org. 100 m <sup>3</sup> | 600   | 200  | 60  | 360 | 80  |
| Celanopia minor (A. Scott)        | org. 100 m <sup>3</sup> | ---   | ---  | --- | --- | 20  |
| Calanus australis (Brodskii)      | org. 100 m <sup>3</sup> | 100   | ---  | --- | --- | --- |
| Canthocalanus pauper (Giesbrecht) | org. 100 m <sup>3</sup> | 600   | 60   | 20  | --- | 40  |
| Centropages furcatus (Bjornberg)  | org. 100 m <sup>3</sup> | 200   | 600  | 80  | 280 | 40  |
| Clausocalanus furcatus (Brady)    | org. 100 m <sup>3</sup> | 800   | 200  | 40  | 120 | 80  |
| Eucalanus pileatus (Giesbrecht)   | org. 100 m <sup>3</sup> | 600   | 600  | 40  | 520 | 240 |
| labidocera acuta (Danna)          | org. 100 m <sup>3</sup> | ---   | ---  | --- | --- | 20  |
| Paracalanus campaneri (Bjornberg) | org. 100 m <sup>3</sup> | ---   | ---  | --- | --- | 20  |
| Paracalanus parvus (Claus)        | org. 100 m <sup>3</sup> | 10000 | 5000 | 360 | 600 | 200 |
| Temora discaudata (Giesbrecht)    | org. 100 m <sup>3</sup> | 200   | 20   | --- | 40  | 80  |
| <b>ORDEN Cyclopoida</b>           |                         |       |      |     |     |     |
| Oitho plumifera (Baird)           | org. 100 m <sup>3</sup> | 100   | ---  | --- | 40  | --- |
| <b>ORDEN Harpacticoida</b>        |                         |       |      |     |     |     |
| Euterpina acutifrons              | org. 100 m <sup>3</sup> | ---   | ---  | --- | 40  | --- |
| Macrosetella gracilis (Danna)     | org. 100 m <sup>3</sup> | 40    | ---  | --- | --- | --- |
| <b>ORDEN Poecilostomatoida</b>    |                         |       |      |     |     |     |
| Copilia mirabilis (Danna)         | org. 100 m <sup>3</sup> | ---   | ---  | --- | 20  | 10  |
| Corycaeus agikis (Danna)          | org. 100 m <sup>3</sup> | 200   | 200  | 60  | 160 | 40  |
| Corycaeus amazonicus (F. Dahl)    | org. 100 m <sup>3</sup> | ---   | ---  | --- | 40  | 40  |
| Corycaeus ovalis (Claus)          | org. 100 m <sup>3</sup> | ---   | 200  | 60  | 40  | 80  |
| Corycaeus sp.                     | org. 100 m <sup>3</sup> | ---   | ---  | 20  | 160 | 40  |
| Corycaeus sp. Cf (Andrewsi)       | org. 100 m <sup>3</sup> | 2400  | ---  | 60  | 560 | 240 |
| Corycaeus sp. Cf (Giesbrecht)     | org. 100 m <sup>3</sup> | ---   | 200  | --- | --- | --- |
| Corycaeus speciosus (Danna)       | org. 100 m <sup>3</sup> | ---   | ---  | --- | 20  | 160 |
| Farranulla gracilis (Danna)       | org. 100 m <sup>3</sup> | 200   | 100  | --- | 80  | --- |
| Farranulla sp.                    | org. 100 m <sup>3</sup> | 400   | 20   | 20  | 80  | 40  |
| Oncaea venusta (Philippi)         | org. 100 m <sup>3</sup> | ---   | 20   | 20  | 40  | 40  |

| <b>Resultados análisis Zooplancton</b> |                               |              |              |             |             |             |
|--|-------------------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| <b>CLASE: DECAPODA *</b>               |                               |              |              |             |             |             |
| <b>Estadio Larvario</b>                |                               |              |              |             |             |             |
| Post-larva                             | org. 100 m                    | ---          | ---          | 10          | ---         | ---         |
| <b>SECCION CARIDEA</b>                 |                               |              |              |             |             |             |
| <b>Estadio Larvario *</b>              |                               |              |              |             |             |             |
| Zoca                                   | org. 100 m <sup>3</sup>       | ---          | 10           | ---         | 10          | ---         |
| <b>SECCION Penaeidae</b>               |                               |              |              |             |             |             |
| <b>FAMILIA: Mysidaceae</b>             |                               |              |              |             |             |             |
| Mysida sp.                             | org. 100 m <sup>3</sup>       | ---          | ---          | ---         | 110         | ---         |
| <b>FAMILIA: Euphausiaceae</b>          |                               |              |              |             |             |             |
| Furcilia (Estadio Larvario)            | org. 100 m <sup>3</sup>       | ---          | 20           | ---         | ---         | ---         |
| <b>Infra Orden:</b>                    |                               |              |              |             |             |             |
| <b>BRACHYURA</b>                       |                               |              |              |             |             |             |
| <b>FAMILIA Porcellanidae</b>           |                               |              |              |             |             |             |
| Porcellana sp. (Zoea)                  | org. 100 m <sup>3</sup>       | 100          | 60           | 40          | 20          | 40          |
| <b>CLASE: MALACOSTRACA</b>             |                               |              |              |             |             |             |
| <b>ORDEN Stomatopoda</b>               |                               |              |              |             |             |             |
| Alima sp.                              | org. 100 m <sup>3</sup>       | 20           | 4            | ---         | ---         | 4           |
| <b>Clase: GASTEROPODA</b>              |                               |              |              |             |             |             |
| <b>Estadio Larvario</b>                |                               |              |              |             |             |             |
| Veliger                                | org. 100 m <sup>3</sup>       | ---          | 20           | 10          | 20          | ---         |
| <b>Clase: HYDROZOA</b>                 |                               |              |              |             |             |             |
| <b>Anthomedusa</b>                     |                               |              |              |             |             |             |
| Ectopleura sp.                         | org. 100 m <sup>3</sup>       | ---          | ---          | ---         | 4           | ---         |
| <b>Lectomedusa</b>                     |                               |              |              |             |             |             |
| Phialidium sp.                         | org. 100 m <sup>3</sup>       | ---          | 4            | 4           | 4           | 4           |
| <b>Siphonoforo</b>                     |                               |              |              |             |             |             |
| Lensia sp.                             | org. 100 m <sup>3</sup>       | ---          | 4            | 4           | 4           | ---         |
| <b>Clase: POLYCHAETA</b>               |                               |              |              |             |             |             |
| <b>ORDEN</b>                           |                               |              |              |             |             |             |
| <b>Phyllodoceomorpha</b>               |                               |              |              |             |             |             |
| Nereida sp                             |                               | 12           | ---          | ---         | ---         | ---         |
| <b>Clase: SAGITOIDEA</b>               |                               |              |              |             |             |             |
| <b>ORDEN Aphragmophora</b>             |                               |              |              |             |             |             |
| Sagitta sp.                            | org. 100 m <sup>3</sup>       | 100          | 428          | 460         | 400         | 400         |
| <b>Clase: THALIACEA</b>                |                               |              |              |             |             |             |
| <b>ORDEN Cyclomyaria</b>               |                               |              |              |             |             |             |
| Doliolum sp                            | org. 100 m <sup>3</sup>       | ---          | 10           | 4           | 10          | 10          |
| <b>Clase: INVERTEBRADOS</b>            |                               |              |              |             |             |             |
| Huevos                                 | org. 100 m <sup>3</sup>       | 7240         | 2000         | 1000        | 2000        | 1600        |
| <b>Super Clase: PISCES</b>             |                               |              |              |             |             |             |
| Huevos                                 | org. 100 m <sup>3</sup>       | ---          | 10           | 68          | 70          | 20          |
| Larvas                                 | org. 100 m <sup>3</sup>       | 52           | 4            | ---         | 10          | 10          |
| <b>Total</b>                           | <b>org. 100 m<sup>3</sup></b> | <b>25764</b> | <b>12644</b> | <b>2776</b> | <b>6532</b> | <b>4448</b> |

Fuente: Petróleos y servicios C. LTDA

**Anexo 5 Ubicación geográfica referencial (UTM) de los puntos de muestreo de la concentración de especies marinas en el proyecto “Monteverde”**

**Tabla n° 3 Ubicación geográfica referencial (UTM) de los puntos de muestreo de la concentración de especies marinas en el proyecto “Monteverde”**

|                                     |   |  |  |   |   |
|-------------------------------------|---|--|--|---|---|
| <b>Punto muestreo</b>               | <b>M1:</b> A 500m frente al muelle de la atunera Monteverde | <b>M2:</b> A 1000m frente al muelle de la atunera Monteverde | <b>M3:</b> A 500m bajo el puente de acceso a la plataforma | <b>M4:</b> A 500m frente a la planta de Pacoa | <b>M5:</b> JAMBELÍ (desembocadura del río Jativa) |
| <b>Coord.Este/Norte (UTM)</b>       | 528959  | 527878   | 528626   | 521893  | 599020  |
|                                     | 9772100   | 9772673  | 9771538  | 9771104                                       | 9774654   |
| <b>Código de muestra</b>            | <b>M1:14 0971-1</b>   | <b>M2:14 0971-2</b>  | <b>M3:14 0971-3</b>  | <b>M4:14 0971-4</b>                           | <b>M5:14 0971-5</b>                               |
| <b>HORA DE MUESTREO: 10AM- 13PM</b> |   |  |  |   |   |

Fuente: Petróleos y servicios C. LTDA

Anexo 6.Resultado del análisis de Zooplancton en el agua de mar, del 28 de octubre del 2011, realizadas por LAB-PSI Aguas- y suelos.

Tabla N° 4. Resultado del análisis de Zooplancton en el agua de mar, del 28 de octubre del 2011, realizadas por LAB-PSI Aguas- y suelos.

| Parámetros           | Unidades           | Resultados |         |         |         |         | Método de análisis |
|----------------------|--------------------|------------|---------|---------|---------|---------|--------------------|
|                      |                    | M1         | M2      | M3      | M4      | M5      |                    |
| Posición geográfica* | Este               | 528961     | 529010  | 527992  | 527988  | 528581  | UTM-WGS84          |
|                      | Norte              | 9771277    | 9771542 | 9771739 | 9771331 | 9771433 |                    |
| Copepodos*           | org/m <sup>3</sup> | 323        | 423     | 282     | 163     | 229     | ---                |
| Cladoceros*          | org/m <sup>3</sup> | 182        | 238     | 158     | 102     | 128     | ---                |
| Apendicularios*      | org/m <sup>3</sup> | 29         | 38      | 25      | 16      | 20      | ---                |
| Medusas*             | org/m <sup>3</sup> | 21         | 27      | 18      | 12      | 15      | ---                |
| Cifonoforos*         | org/m <sup>3</sup> | 19         | 25      | 16      | 11      | 13      | ---                |
| Poliquetos*          | org/m <sup>3</sup> | 14         | 18      | 12      | 8       | 10      | ---                |
| Crustáceos*          | org/m <sup>3</sup> | 0          | 16      | 10      | 7       | 8       | ---                |
| Cestracos*           | org/m <sup>3</sup> | 14         | 18      | 12      | 8       | 0       | ---                |
| Quetognatos*         | org/m <sup>3</sup> | 11         | 14      | 10      | 6       | 8       | ---                |
| Radiolarios*         | org/m <sup>3</sup> | 28         | 36      | 24      | 16      | 20      | ---                |
| F. Equinodermos*     | org/m <sup>3</sup> | 7          | 9       | 0       | 4       | 5       | ---                |
| Total                | org/m <sup>3</sup> | 651        | 860     | 567     | 373     | 456     | ---                |

\*Los ensayos marcados con (\*) no están incluidos en el alcance de la acreditación de la OAE.

Fuente: Petróleos y servicios C. LTDA

**Anexo 7 Resultados del análisis de Fitoplancton en el agua de mar, del 28 de octubre del 2011, realizadas por LAB-PSI Aguas- suelos.**

**Tabla N° 5 Resultados del análisis de Fitoplancton en el agua de mar, del 28 de octubre del 2011, realizadas por LAB-PSI Aguas- suelos.**

| Parámetros           | Unidades | Resultados |         |         |         |         | Método de análisis |
|----------------------|----------|------------|---------|---------|---------|---------|--------------------|
|                      |          | M1         | M2      | M3      | M4      | M5      |                    |
| Posición geográfica* | Este     | 521961     | 529010  | 527992  | 527908  | 528581  | UTM-WGS84          |
|                      | Norte    | 9771277    | 9771642 | 9771739 | 9771331 | 9771433 |                    |
| Clorofila*           | ug/l     | 0,87       | 0,63    | 0,59    | 0,42    | 0,45    | ---                |
| Co. Celular*         | cell/l   | 13260      | 9600    | 8340    | 6440    | 7020    | ---                |
| Abundancia relativa* | %        |            |         |         |         |         |                    |
| Kizosonia*           | %        | 23         | 18      | 31      | 16      | 41      | ---                |
| Leptocylindros*      | %        | 3          | 11      | 13      | 20      | 17      | ---                |
| Talassiosira*        | %        | 6          | 5       | 3       | 9       | 9       | ---                |
| Gymnodinium*         | %        | 13         | 4       | 3       | 2       | 2       | ---                |
| Gurodinium*          | %        | 1          | 11      | 4       | 4       | 0       | ---                |
| Pseudonitzschia*     | %        | 4          | 3       | 6       | 3       | 6       | ---                |
| Mesodinium*          | %        | 12         | 12      | 5       | 8       | 1       | ---                |

Fuente: Petróleos y servicios C. LTDA

## Anexo 8. Resultado del análisis Zooplancton Monteverde

Tabla N° 6. Resultado del análisis Zooplancton Monteverde

| Resultado Del Análisis Zooplancton Monteverde |                         |            |       |     |     |     |
|---|-------------------------|------------|-------|-----|-----|-----|
| TAXONES                                       | UNIDADES                | Resultados |       |     |     |     |
|   |                         | M1         | M2    | M3  | M4  | M5  |
| <b>Clase: Apendiculata</b>                    |                         |            |       |     |     |     |
| <b>Orden Apendicularia</b>                    |                         |            |       |     |     |     |
| Oikopleura sp.                                | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | 10    | 12  | 10  | 10  |
| <b>Clase: CRUSTACEA</b>                       |                         |            |       |     |     |     |
| <b>ORDEN Cirripedia</b>                       |                         |            |       |     |     |     |
| <b>Estadio Larvario</b>                       |                         |            |       |     |     |     |
| Balanus sp.(Nauplio)                          | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | 10    | 20  | --- | 10  |
| <b>ORDEN Cladocera</b>                        |                         |            |       |     |     |     |
| <b>Familia:Sidiidae</b>                       |                         |            |       |     |     |     |
| Evadne Tergestina<br>(Claus)                  | org. 100 m <sup>3</sup> | 110        | 50    | --- | 10  | --- |
| Penilia avirrostri<br>(Danna)                 | org. 100 m <sup>3</sup> | 300        | 535   | 30  | --- | --- |
| <b>ORDEN: Copepoda</b>                        |                         |            |       |     |     |     |
| <b>Estadio Larvario</b>                       |                         |            |       |     |     |     |
| Nauplio                                       | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | 10    | --- | 40  | --- |
| <b>ORDEN Copepodito</b>                       |                         |            |       |     |     |     |
| Acartia sp.                                   | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | 300   | --- | 250 | --- |
| Acrocalanus sp.                               | org. 100 m <sup>3</sup> | 120        | 700   | 50  | --- | 70  |
| Calanus sp.                                   | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | 20    | 35  | --- | 10  |
| Centropages sp.                               | org. 100 m <sup>3</sup> | 25         | 5     | 45  | 55  | 60  |
| Eucalanus sp.                                 | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | 5     | 5   | 5   | 20  |
| Euchaeta sp.                                  | org. 100 m <sup>3</sup> | 125        | 25    | --- | 15  | 55  |
| Faranulla sp.                                 | org. 100 m <sup>3</sup> | 30         | ---   | 120 | --- | --- |
| Labidoseira sp.                               | org. 100 m <sup>3</sup> | 70         | 130   | 40  | 170 | 210 |
| Pontellina sp.                                | org. 100 m <sup>3</sup> | 5          | 5     | --- | --- | 5   |
| Sapphirina sp.                                | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | 10    | 55  | --- | 10  |
| Temora sp.                                    | org. 100 m <sup>3</sup> | 155        | 75    | --- | 75  | 145 |
| <b>ORDEN Calanoida</b>                        |                         |            |       |     |     |     |
| Acartia lilljeborgi<br>(Giesbrecht)           | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | 55    | 10  | --- | 10  |
| Acartia tonsa (Danna)                         | org. 100 m <sup>3</sup> | 550        | 180   | 45  | 380 | 120 |
| Acrocalanus cf gracilis<br>acrocalanus        | org. 100 m <sup>3</sup> | 20         | 30    | 10  | 50  | --- |
| longicornis (Giesbrecht)                      | org. 100 m <sup>3</sup> | 750        | 120   | 30  | 280 | 130 |
| celanopia minor (A.<br>Scott)                 | org. 100 m <sup>3</sup> | 10         | 30    | --- | 70  | --- |
| Calanus australis<br>(Brodskii)               | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | ---   | --- | 100 | --- |
| Canthocalanus pauper<br>(Giesbrecht)          | org. 100 m <sup>3</sup> | 660        | 140   | 80  | 15  | 10  |
| Centropages furcatus<br>(Bjornberg)           | org. 100 m <sup>3</sup> | 320        | 530   | 270 | 180 | 55  |
| Clausocalanus furcatus<br>(Brady)             | org. 100 m <sup>3</sup> | 700        | 300   | 70  | 80  | 130 |
| Eucalanus pileatus<br>(Giesbrecht)            | org. 100 m <sup>3</sup> | 580        | 450   | 150 | 250 | 355 |
| Labidocera acuta<br>(Danna)                   | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | 20    | --- | 25  | --- |
| Paracalanus campaneri<br>(Bjornberg)          | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | ---   | 20  | --- | 20  |
| Paracalanus parvus<br>(Claus)                 | org. 100 m <sup>3</sup> | 8000       | 15000 | 670 | 480 | 355 |
| Temora discaudata<br>(Giesbrecht)             | org. 100 m <sup>3</sup> | 190        | 120   | 45  | 20  | 30  |



| Resultado Del Análisis Zooplancton Monteverde |                         |              |              |             |             |             |
|---|-------------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|
| TAXONES                                       | UNIDADES                | Resultados   |              |             |             |             |
|   |                         | M1           | M2           | M3          | M4          | M5          |
| <b>ORDEN Cyclopoida</b>                       |                         |              |              |             |             |             |
| Oitho plumifera (Baird)                       | org. 100 m <sup>3</sup> | 140          | ---          | 30          | ---         | 10          |
| <b>ORDEN Harpacticoida</b>                    |                         |              |              |             |             |             |
| Euterpina acutifrons (Danna)                  | org. 100 m <sup>3</sup> | ---          | 60           | ---         | 10          | ---         |
| Macrosetella gracilis (Danna)                 | org. 100 m <sup>3</sup> | 20           | ---          | 20          | ---         | 20          |
| <b>ORDEN Poecilostomatoida</b>                |                         |              |              |             |             |             |
| Copilia mirabilis (Danna)                     | org. 100 m <sup>3</sup> | 30           | ---          | 10          | ---         | 20          |
| Corycaeus agikis (Danna)                      | org. 100 m <sup>3</sup> | 220          | 120          | 80          | 20          | 30          |
| Corycaeus amazonicus (F. Dahl)                | org. 100 m <sup>3</sup> | 10           | ---          | 20          | ---         | 20          |
| Corycaeus ovalis (Claus)                      | org. 100 m <sup>3</sup> | 20           | 150          | 80          | 20          | 60          |
| Corycaeus sp.                                 | org. 100 m <sup>3</sup> | ---          | ---          | 110         | ---         | ---         |
| Corycaeus sp. Cf (Andrewsi)                   | org. 100 m <sup>3</sup> | 3000         | ---          | 110         | 620         | 150         |
| Corycaeus sp. Cf (Giesbrecht)                 | org. 100 m <sup>3</sup> | 120          | ---          | 150         | 30          | ---         |
| Corycaeus speciosus (Danna)                   | org. 100 m <sup>3</sup> | ---          | 20           | ---         | 60          | 80          |
| Farranulla gracilis (Danna)                   | org. 100 m <sup>3</sup> | 170          | 70           | 20          | 50          | ---         |
| Farranulla sp.                                | org. 100 m <sup>3</sup> | 600          | 30           | 20          | 60          | 30          |
| Oncaea venusta (Philippi)                     | org. 100 m <sup>3</sup> | ---          | 10           | 10          | 45          | ---         |
| <b>CLASE: DECAPODA</b>                        |                         |              |              |             |             |             |
| <b>Estadio Larvario</b>                       |                         |              |              |             |             |             |
| Post-larva                                    | org. 100 m <sup>3</sup> | ---          | 10           | 10          | ---         | ---         |
| <b>SECCION Penaeidae</b>                      |                         |              |              |             |             |             |
| <b>FAMILIA: Mysidaceae</b>                    |                         |              |              |             |             |             |
| Mysida sp.                                    | org. 100 m <sup>3</sup> | 10           | ---          | 10          | ---         | 1           |
| <b>FAMILIA: Euphausiaceae</b>                 |                         |              |              |             |             |             |
| Furcilia (Estadio Larvario)                   | org. 100 m <sup>3</sup> | ---          | 100          | ---         | 5           | ---         |
| <b>Infra Orden: BRACHYURA</b>                 |                         |              |              |             |             |             |
| <b>FAMILIA Porcellanidae</b>                  |                         |              |              |             |             |             |
| Porcellana sp. (Zoea)                         | org. 100 m <sup>3</sup> | ---          | 30           | 10          | 55          | 25          |
| <b>CLASE: MALACOSTRACA</b>                    |                         |              |              |             |             |             |
| <b>ORDEN Stomatopoda</b>                      |                         |              |              |             |             |             |
| Alima sp.                                     | org. 100 m <sup>3</sup> | 10           | ---          | ---         | 4           | 1           |
| <b>Clase: GASTEROPODA</b>                     |                         |              |              |             |             |             |
| <b>Estadio Larvario</b>                       |                         |              |              |             |             |             |
| Veliger                                       | org. 100 m <sup>3</sup> | 20           | ---          | 20          | ---         | ---         |
| <b>Clase: HYDROZOA</b>                        |                         |              |              |             |             |             |
| <b>Anthomedusa</b>                            |                         |              |              |             |             |             |
| Ectopleura sp.                                | org. 100 m <sup>3</sup> | ---          | ---          | ---         | 2           | 1           |
| <b>Lectomedusa</b>                            |                         |              |              |             |             |             |
| Phialidium sp.                                | org. 100 m <sup>3</sup> | 5            | 1            | ---         | 5           | ---         |
| <b>Siphonoforo</b>                            |                         |              |              |             |             |             |
| Lensia sp.                                    | org. 100 m <sup>3</sup> | ---          | 2            | 1           | ---         | ---         |
| <b>Clase: POLYCHAETA</b>                      |                         |              |              |             |             |             |
| <b>ORDEN Phyllocoemomorpha</b>                |                         |              |              |             |             |             |
| Nereida sp                                    |                         | 12           | ---          | ---         | ---         | ---         |
| <b>Clase: SAGITOIDEA *</b>                    |                         |              |              |             |             |             |
| <b>ORDEN Apheragmophora</b>                   |                         |              |              |             |             |             |
| Sagitta sp.                                   | org. 100 m <sup>3</sup> | 120          | 382          | 46          | 350         | 300         |
| <b>Clase: THALIACEA</b>                       |                         |              |              |             |             |             |
| <b>ORDEN Cyclomyaria</b>                      |                         |              |              |             |             |             |
| Doliolum sp                                   | org. 100 m <sup>3</sup> | ---          | 10           | 4           | 10          | 10          |
| <b>Super Clase: PISCES</b>                    |                         |              |              |             |             |             |
| Huevos  | org. 100 m <sup>3</sup> | 10           | 5            | ---         | ---         | 20          |
| Larvas  | org. 100 m <sup>3</sup> | 15           | ---          | 55          | 10          | ---         |
| <b>Total</b>                                  | org. 100 m <sup>3</sup> | <b>17252</b> | <b>19865</b> | <b>2628</b> | <b>3916</b> | <b>2598</b> |

Fuente: Petróleos y servicios C. LTDA.

## Anexo 9.Resultado del análisis Zooplancton Monteverde

Tabla N° 7. Resultado del análisis Zooplancton Monteverde

| Resultado Del Análisis Zooplancton Monteverde |                         |            |      |     |     |     |
|---|-------------------------|------------|------|-----|-----|-----|
| TAXONES ***                                   | UNIDADES                | Resultados |      |     |     |     |
|   |                         | M1         | M2   | M3  | M4  | M5  |
| <b>Clase: Apendiculata</b>                    |                         |            |      |     |     |     |
| <b>Orden Apendicularia</b>                    |                         |            |      |     |     |     |
| Oikopleura sp.                                | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | 10   | 12  | 10  | 10  |
| <b>Clase: CRUSTACEA</b>                       |                         |            |      |     |     |     |
| <b>ORDEN Cirripedia</b>                       |                         |            |      |     |     |     |
| <b>Estadio Larvario</b>                       |                         |            |      |     |     |     |
| Balanus sp.(Nauplio)                          | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | ---  | 20  | --- | --- |
| <b>ORDEN Cladocera</b>                        |                         |            |      |     |     |     |
| <b>Familia:Sidiidae</b>                       |                         |            |      |     |     |     |
| Evadne Tergestina (Claus)                     | org. 100 m <sup>3</sup> | 100        | 60   | --- | 10  | --- |
| Penilia avirrostri (Danna)                    | org. 100 m <sup>3</sup> | 400        | 620  | 40  | 40  | 20  |
| <b>ORDEN Ootracoda</b>                        |                         |            |      |     |     |     |
| <b>familia: Myodocopida</b>                   |                         |            |      |     |     |     |
| Euconchoecia chierchiaie (Muller)             | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | ---  | --- | --- | 20  |
| <b>ORDEN: Copepoda</b>                        |                         |            |      |     |     |     |
| <b>Estadio Larvario</b>                       |                         |            |      |     |     |     |
| Nauplio I                                     | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | ---  | --- | --- | 40  |
| <b>ORDEN Copepodito</b>                       |                         |            |      |     |     |     |
| Acartia sp.                                   | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | 100  | --- | --- | --- |
| Acrocalanus sp.                               | org. 100 m <sup>3</sup> | 200        | 600  | --- | 20  | 40  |
| Calanus sp.                                   | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | ---  | 40  | --- | --- |
| Centropages sp.                               | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | ---  | --- | --- | 80  |
| Eucalanus sp. *                               | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | ---  | --- | --- | 40  |
| Euchaeta sp. *                                | org. 100 m <sup>3</sup> | 100        | ---  | --- | --- | 40  |
| Faranulla sp. *                               | org. 100 m <sup>3</sup> | 200        | ---  | --- | --- | --- |
| Labidoseira sp. *                             | org. 100 m <sup>3</sup> | 100        | 100  | 140 | 80  | 200 |
| Pontellina sp. *                              | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | ---  | 4   | --- | --- |
| Sapphirina sp. *                              | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | ---  | --- | --- | 40  |
| Temora sp. *                                  | org. 100 m <sup>3</sup> | 100        | ---  | 20  | 40  | 240 |
| <b>ORDEN Calanoida *</b>                      |                         |            |      |     |     |     |
| Acartia lilljeborgi (Giesbrecht) *            | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | ---  | 20  | --- | --- |
| Acartia tonsa (Danna) *                       | org. 100 m <sup>3</sup> | 600        | 200  | 20  | 440 | 80  |
| Acrocalanus cf gracilis *                     | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | 60   | 20  | 40  | --- |
| acrocalanus longicornis (Giesbrecht)          | org. 100 m <sup>3</sup> | 600        | 200  | 60  | 360 | 80  |
| celanopia minor (A. Scott) *                  | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | ---  | --- | --- | 20  |
| Calanus australis (Brodskii) *                | org. 100 m <sup>3</sup> | 100        | ---  | --- | --- | --- |
| Canthocalanus pauper (Giesbrecht) *           | org. 100 m <sup>3</sup> | 600        | 60   | 20  | --- | 40  |
| Centropages furcatus (Bjornberg) *            | org. 100 m <sup>3</sup> | 200        | 600  | 80  | 280 | 40  |
| Clausocalanus furcatus (Brady) *              | org. 100 m <sup>3</sup> | 800        | 200  | 40  | 120 | 80  |
| Eucalanus pileatus (Giesbrecht) *             | org. 100 m <sup>3</sup> | 600        | 600  | 40  | 520 | 240 |
| Labidocera acuta (Danna) *                    | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | ---  | --- | --- | 20  |
| Paracalanus campaneri (Bjornberg) *           | org. 100 m <sup>3</sup> | 10000      | ---  | --- | --- | 20  |
| Paracalanus parvus (Claus) *                  | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | 5000 | 360 | 600 | 200 |
| Temora discaudata (Giesbrecht) *              | org. 100 m <sup>3</sup> | 200        | 20   | --- | 40  | 80  |
| <b>ORDEN Cyclopoida *</b>                     |                         |            |      |     |     |     |

| Resultado Del Análisis Zooplancton Monteverde |                         |            |       |      |      |      |
|---|-------------------------|------------|-------|------|------|------|
| TAXONES ***                                   | UNIDADES                | Resultados |       |      |      |      |
|   |                         | M1         | M2    | M3   | M4   | M5   |
| Oitho plumifera (Baird)                       | org. 100 m <sup>3</sup> | 100        | ---   | ---  | 40   | ---  |
| <b>ORDEN Harpacticoida *</b>                  |                         |            |       |      |      |      |
| Euterpina acutifrons (Danna) *                | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | ---   | ---  | 40   | ---  |
| Macrosetella gracilis (Danna) *               | org. 100 m <sup>3</sup> | 40         | ---   | ---  | ---  | ---  |
| <b>ORDEN Poecilostomatoida *</b>              |                         |            |       |      |      |      |
| Copilia mirabilis (Danna) *                   | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | ---   | ---  | 20   | 10   |
| Corycaeus agikis (Danna) *                    | org. 100 m <sup>3</sup> | 200        | 200   | 60   | 160  | 40   |
| Corycaeus amazonicus (F. Dahl) *              | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | ---   | ---  | 40   | 40   |
| Corycaeus ovalis (Claus) *                    | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | 200   | 60   | 40   | 80   |
| Corycaeus sp. *                               | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | ---   | 20   | 160  | 40   |
| Corycaeus sp. Cf (Andrews) *                  | org. 100 m <sup>3</sup> | 2400       | ---   | 60   | 560  | 240  |
| Corycaeus sp. Cf (Giesbrecht) *               | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | 200   | ---  | ---  | ---  |
| Corycaeus speciosus (Danna) *                 | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | ---   | ---  | 20   | 160  |
| Farranulla gracilis (Danna) *                 | org. 100 m <sup>3</sup> | 200        | 100   | ---  | 80   | ---  |
| Farranulla sp. *                              | org. 100 m <sup>3</sup> | 400        | ---   | 20   | 80   | 40   |
| Oncaea venusta (Philipp)                      | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | 20    | 20   | 40   | 40   |
| <b>CLASE: DECAPODA *</b>                      |                         |            |       |      |      |      |
| <b>Estadio Larvario</b>                       |                         |            |       |      |      |      |
| Post-larva *                                  | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | ---   | 10   | ---  | ---  |
| <b>SECCION Caridea</b>                        |                         |            |       |      |      |      |
| <b>Estadio Larvario *</b>                     |                         |            |       |      |      |      |
| Zoea *  | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | 10    | ---  | 10   | ---  |
| <b>SECCION Penaeidae</b>                      |                         |            |       |      |      |      |
| <b>FAMILIA: Mysidaceae</b>                    |                         |            |       |      |      |      |
| Mysida sp. *                                  | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | ---   | ---  | 110  | ---  |
| <b>FAMILIA: Euphausiaceae</b>                 |                         |            |       |      |      |      |
| Furcilia (Estadio Larvario) *                 | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | 20    | ---  | ---  | ---  |
| <b>BRACHYURA</b>                              |                         |            |       |      |      |      |
| <b>FAMILIA Porcellanidae</b>                  |                         |            |       |      |      |      |
| Porcellana sp. (Zoea)                         | org. 100 m <sup>3</sup> | 100        | 60    | 40   | 20   | 40   |
| <b>CLASE: MALACOSTRACA</b>                    |                         |            |       |      |      |      |
| <b>ORDEN Stomatopoda</b>                      |                         |            |       |      |      |      |
| Alima sp.                                     | org. 100 m <sup>3</sup> | 20         | 4     | ---  | ---  | 4    |
| <b>Clase: GASTEROPODA</b>                     |                         |            |       |      |      |      |
| <b>Estadio Larvario</b>                       |                         |            |       |      |      |      |
| Veliger                                       | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | 10    | 20   | 20   | ---  |
| <b>Clase: HYDROZOA</b>                        |                         |            |       |      |      |      |
| <b>Anthomedusa</b>                            |                         |            |       |      |      |      |
| Ectopleura sp.                                | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | ---   | ---  | 4    | ---  |
| <b>Lectomedusa</b>                            |                         |            |       |      |      |      |
| Phialidium sp.                                | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | 4     | 4    | 4    | 4    |
| <b>Siphonoforo</b>                            |                         |            |       |      |      |      |
| Lensia sp.                                    | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | 4     | 4    | 4    | ---  |
| <b>Clase: POLYCHAETA</b>                      |                         |            |       |      |      |      |
| <b>ORDEN Phyllocemomorpha</b>                 |                         |            |       |      |      |      |
| Nereida sp                                    |                         | 12         | ---   | ---  | ---  | ---  |
| <b>Clase: SAGITOIDEA</b>                      |                         |            |       |      |      |      |
| <b>ORDEN Aphragmophora</b>                    |                         |            |       |      |      |      |
| Sagitta sp.                                   | org. 100 m <sup>3</sup> | 100        | 428   | 460  | 400  | 400  |
| <b>Clase: THALIACE</b>                        |                         |            |       |      |      |      |
| <b>ORDEN Cyclomyaria</b>                      |                         |            |       |      |      |      |
| Doliolum sp                                   | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | 10    | 4    | 10   | 10   |
| <b>Clase: INVERTEBRADOS*</b>                  |                         |            |       |      |      |      |
| Huevos  | org. 100 m <sup>3</sup> | 7240       | 2000  | 1000 | 2000 | 1600 |
| <b>Super Clase: PISCES</b>                    |                         |            |       |      |      |      |
| Huevos  | org. 100 m <sup>3</sup> | ---        | 10    | 68   | 70   | 20   |
| Larvas  | org. 100 m <sup>3</sup> | 52         | 4     | ---  | 10   | 10   |
| <b>Total</b>                                  | org. 100 m <sup>3</sup> | 25764      | 11714 | 2786 | 6542 | 4448 |

Fuente: Petróleos y servicios C. LTDA.