

**EVALUACION TECNICA DE SISTEMAS DE BIOCIDAS PARA EL
TRATAMIENTO DE AGUA DE ENFRIAMIENTO Y POTABLE EN LA GERENCIA
REFINERIA DE BARRANCABERMEJA.**

YURIAM ZUHEYT MALAVER BOTIA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE FISICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
ESPECIALIZACION EN GERENCIA Y EVALUACION D EPROYECTOS
BUCARAMANGA**

2013

**EVALUACION TECNICA DE SISTEMAS DE BIOCIDAS PARA EL
TRATAMIENTO DE AGUA DE ENFRIAMIENTO Y POTABLE EN LA GERENCIA
REFINERIA DE BARRANCABERMEJA.**

YURIAM ZUHEYT MALAVER BOTIA

**Monografía de grado presentada como requisito para optar el título de
Especialista en Evaluación y Gerencia de Proyectos**

Director: Carlos Eduardo Díaz Bohórquez

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE FISICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE ESTUDIOS INDUSTRIALES Y EMPRESARIALES
ESPECIALIZACION EN GERENCIA Y EVALUACION D EPROYECTOS
BUCARAMANGA**

2013

DEDICATORIA

Al padre celestial
Porque sin su amor, nada es posible
A mis padres, esposo y hermanas,
Por ser mí apoyo incondicional en todo momento.

Yuriam Malaver

AGRADECIMIENTOS

A ECOPETROL S.A, por el apoyo técnico ofrecido para el desarrollo de la monografía, al Director de proyecto, Carlos Eduardo Díaz Bohórquez, por su colaboración y disposición permanente.

Al personal de la Escuela de Ingeniería Industrial, en especial al del Postgrado en Evaluación y Gerencia de Proyectos por su disposición y servicio permanente; a los profesores por su generosidad al compartir sus conocimientos y experiencias con cada uno de nosotros.

A nuestros compañeros, por cada uno de los momentos compartidos y por la amistad brindada durante la especialización.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION.....	18
1. GENERALIDADES	20
1.1 GERENCIA REFINERIA BARRANCABERMEJA.....	20
1.2 ORGANIGRAMA DE LA ORGANIZACIÓN	21
1.2.1 Gerencia General	23
1.2.2 Gerencia de Producción	23
1.2.3 Gerencia Técnica.....	25
2. CONDICIONES ACTUALES DE OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE DOSIFICACION DE CLORO - DEFINICION DEL PROBLEMA	26
3. OBJETIVO.....	27
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	27
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	27
4. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL.....	28
5. DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO	30
5.1 PLANTAS DE AGUA	30
5.2 TORRES ENFRIADORAS	33
5.3. DESCRIPCION DEL SISTEMA DE CLORACION EN PLANTAS DE AGUA Y TORRES ENFRIADORAS.....	36
6. IDENTIFICACION DE BIOCIDAS	38
6.1. BIOCIDAS AGENTES OXIDANTES	39

7. EVALUACION DE ALTERNATIVAS PROPUESTAS DE SISTEMAS DE BIOCIDAS	41
7.1. PRIMERA ALTERNATIVA - CLORO: CASETAS DE CLORACIÓN CON SISTEMAS DE CONTROL DE FUGAS DE CLORO CON SISTEMA DE NEUTRALIZACIÓN CON SODA.....	44
7.2 SEGUNDA ALTERNATIVA -CLORO: CASETAS DE CLORACIÓN CON SISTEMAS DE CONTROL DE FUGAS DE CLORO CON SISTEMAS DE ADSORCIÓN CON ALÚMINA.	46
7.3 TERCERA ALTERNATIVA - DIÓXIDO DE CLORO IN SITU	48
7.4 CUARTA ALTERNATIVA - HIPOCLORITO DE SODIO: GENERADORES EN LÍNEA DE HIPOCLORITO PARA PRODUCCIÓN IN SITU.....	50
7.5 QUINTA ALTERNATIVA - HIPOCLORITO DE SODIO: DOSIFICACIÓN DE HIPOCLORITO COMERCIAL EN SOLUCIÓN.....	52
7.6 BIOCIDAS NO EVALUADOS.....	53
8. SISTEMAS DE DOSIFICACIÓN DE BIOCIDAS EN EL MERCADO	54
8.1 DESCRIPCIÓN DE LA NECESIDAD DE CONOCIMIENTO DEL MERCADO DE LOS SISTEMAS DE BIOCIDAS.....	54
8.2 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE PROPUESTAS PRESENTADAS POR LAS EMPRESAS.	56
9. EVALUACIÓN TÉCNICA DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS	65
10. EVALUACIÓN FINANCIERA DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS DE SISTEMAS DE BIOCIDAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA DE ENFRIAMIENTO Y POTABLE EN LA GERENCIA REFINERÍA DE BARRANCABERMEJA.....	84
10.1 BASES DE CÁLCULO PARA LA EVALUACIÓN FINANCIERA DE LA ALTERNATIVA 1.	85
10.2. BASES DE CÁLCULO PARA LA EVALUACIÓN FINANCIERA DE LA	

ALTERNATIVA 2.....	89
10.3. BASES DE CÁLCULO PARA LA EVALUACIÓN FINANCIERA DE LA ALTERNATIVA 3.....	92
10.4. BASES DE CÁLCULO PARA LA EVALUACIÓN FINANCIERA DE LA ALTERNATIVA 4.....	95
10.5. BASES DE CÁLCULO PARA LA EVALUACIÓN FINANCIERA DE LA ALTERNATIVA 5.....	98
10.6. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN FINANCIERA DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS.....	101
11. SELECCIÓN DEL ALTERNATIVA VIABLE DEL PROYECTO DE LOS SISTEMAS DE BIOCIDAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA DE ENFRIAMIENTO Y POTABLE EN LA GERENCIA REFINERIA DE BARRANCABERMEJA.....	106
12. ANALISIS DE RIESGOS DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA: CLORO - CASSETAS DE CLORACION CON ADSORCIÓN DE CLORO CON ALÚMINA.....	113
13. DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA: CLORO CON ADSORCIÓN DE CLORO CON ALÚMINA.....	114
13.1 PREPARACION DE LAS BASES DE DISEÑO.....	114
13.2 SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO.....	115
13.3 MONO RIEL Y GRUA.....	116
13.4 SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE CLORO GASEOSO.....	116
13.5 FILTROS DE GAS CLORO.....	117
13.6 EYECTORES Y REGULADORES DE VACIO.....	118
13.7 DETECTORES DE FUGA DE CLORO.....	118
13.8 TUBERIAS FLEXIBLES Y CONECTORES.....	119
13.9 SISTEMAS DE ABSORCION CON ALUMINA DE FUGAS DE CLORO.....	120

CONCLUSIONES..... 123
BIBLIOGRAFIA..... 125
ANEXO..... 128

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Organigrama de la Gerencia Refinería Barrancabermeja	22
Figura 2. Proceso de cloración	31
Figura 3. Clorinación al Punto Crítico <i>Breakpoint</i>	33
Figura 4. Diagrama de control de tratamiento de agua.	35
Figura 5. Torre de enfriamiento.....	36
Figura 6. Matriz de Evaluación de riesgos (RAM)	85
Figura 7. Caseta de almacenamiento de cloro gaseoso	115
Figura 8. Mono riel y grúa.	116
Figura 9. Sistemas de alimentación con cloro gaseoso.	117
Figura 10. Filtros de gas cloro	117
Figura 11. Eyectores y reguladores de vacío	118
Figura 12. Detectores de fuga de cloro	119
Figura 13. Tuberías flexibles y conectores.....	120
Figura 14. Sistema de absorción con alúmina	121
Figura 15. Sistemas de control interno de la caseta de cloración.....	121
Figura 16. Caseta de cloro con adsorción de cloro con alúmina.	122

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Comparación entre los diferentes biocidas.....	40
Tabla 2. Fuentes de tecnología de los sistemas de biocidas para el agua de enfriamiento y agua potable.....	43
Tabla 3. Puntuación de la información financiera.....	56
Tabla 4. Puntuación de la Información financiera de la empresa OFFICINE MECCANICHE GALLARATESI S.P.A	57
Tabla 5. Equipo de trabajo de la empresa OFFICINE MECCANICHE GALLARATESI S.P.A	58
Tabla 6. Verificación de cumplimiento de las actividades relacionadas con el desarrollo de la consultoría de la firma OFFICINE MECCANICHE GALLARATESI S.P.A	59
Tabla 7. Puntuación de la Información financiera de la empresa CLARIANT (COLOMBIA) S.A.....	60
Tabla 8. Equipo de trabajo de la empresa CLARIANT (COLOMBIA) S.A	61
Tabla 9. Verificación de cumplimiento de las actividades relacionadas con el desarrollo de la consultoría de la firma CLARIANT (COLOMBIA) S.A.	62
Tabla 10. Cuadro de resumen de cumplimiento de las firmas presentadas	63
Tabla 11. Identificación de factores de sistemas de biocidas de las alternativas a evaluar técnicamente.....	66
Tabla 12. Evaluación técnica de las alternativas 1 y 2 de sistemas de biocidas para el tratamiento de agua de enfriamiento y potable en la Gerencia Refinería de Barrancabermeja.	68
Tabla 13. Evaluación técnica de las alternativas 3, 4 y 5 de sistemas de biocidas para el tratamiento de agua de enfriamiento y potable en la Gerencia Refinería de Barrancabermeja.	75
Tabla 14. Base de cálculo de alternativa 1: casetas de cloración con control de fugas de cloro con sistema de neutralización con soda	86

Tabla 15. Evaluación financiera de alternativa 1: casetas de cloración con control de fugas de cloro con sistema de neutralización con soda.....	88
Tabla 16. Base de cálculo de alternativa 2: casetas de cloración con sistemas de control de fugas de cloro con sistemas de adsorción con alúmina.	89
Tabla 17. Evaluación financiera de alternativa 2: casetas de cloración con sistemas de control de fuga de cloro con sistemas de adsorción con alúmina.....	91
Tabla 18. Base de cálculo de alternativa 3. Producir In Situ Dióxido de cloro.	92
Tabla 19. Evaluación financiera de alternativa 3. Producir In Situ Dióxido de cloro	94
Tabla 20. Base de cálculo de la alternativa 4. Hipoclorito de sodio: generadores en línea de hipoclorito para producción in situ.	95
Tabla 21. Evaluación financiera de alternativa 4. Producir In Situ Dióxido de cloro.....	97
Tabla 22. Base de cálculo de alternativa 5. Hipoclorito de sodio: dosificación de hipoclorito comercial en solución.	98
Tabla 23. Evaluación financiera de alternativa 5. Hipoclorito de sodio: dosificación de hipoclorito comercial en solución	100
Tabla 24. Resultados en términos del valor J y relación beneficio/ costo. De la primera alternativa.	101
Tabla 25. Resultados en términos del valor J y relación beneficio/ costo. De la segunda alternativa.	102
Tabla 26. Resultados en términos del valor J y relación beneficio/ costo de la tercera alternativa.	103
Tabla 27 Resultados en términos del valor J y relación beneficio/ costo de la cuarta alternativa.	104
Tabla 28 Resultados en términos del valor J y relación beneficio/ costo de la quinta alternativa.	105
Tabla 29 .Descripción de la metodología para la selección y evaluación de alternativas	107
Tabla 30. Matriz de evaluación de alternativas, análisis y cumplimiento de los	

resultados obligatorios para los sistemas de biocidas para el tratamiento de agua de enfriamiento y potable en la gerencia refinera de Barrancabermeja.	109
Tabla 31. Matriz de evaluaci3n de alternativas, an3lisis y cumplimiento de los objetivos deseables m3ximos esperados para los sistemas de biocidas para el tratamiento de agua de enfriamiento y potable en la Gerencia refinera de Barrancabermeja.	110
Tabla 32. Cantidades definidas para los sistemas de dosificaci3n de cloro gaseoso.	114

LISTA DE ANEXOS

Pág.

ANEXO 1. ANALISIS DE RIESGOS QUE PASA SI NO SE REALIZA EL PROYECTO CLORO: CASSETAS DE CLORACIÓN CON SISTEMAS DE CONTROL DE FUGAS DE CLORO CON SISTEMAS DE ADSORCIÓN CON ALÚMINA.....	128
---	-----

RESUMEN

TITULO: EVALUACION TECNICA DE SISTEMAS DE BIOCIDAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA DE ENFRIAMIENTO Y POTABLE EN LA GERENCIA REFINERIA DE BARRANCABERMEJA*

AUTORES: YURIAM ZUHEYT MALAVER BOTIA**

PALABRAS CLAVES: BIOCIDAS, CLORO, AGUA POTABLE, AGUA DE ENFRIAMIENTO.

DESCRIPCION O CONTENIDO:

La Gerencia refinería Barrancabermeja cuenta con 9 puntos (TE- 831, TE-801, TE-820, TE-880, TE-850, TE-890, TE- 4401, TE- 2940, TE-2945) de dosificación de cloro gaseoso para los sistemas de agua potable y agua de enfriamiento, para garantizar la calidad del agua para consumo e integridad de equipos. Los sistemas actuales de cloración de las diferentes unidades tienen un potencial riesgo, debido a que no cumplen las mejores prácticas de manejo de ésta sustancia química. Teniendo en cuenta las condiciones actuales de las casetas de cloración, se consideró necesario realizar la evaluación de diferentes alternativas para la eliminación y reducción de los riesgos inherentes a este producto implementado mejoras en los sistemas actuales utilizando otros sistemas de biocidas de menor riesgo que sean económicamente viables y rentables.

Se realizará una comparación de los productos químicos biocidas los cuales son tóxicos para los microorganismos presentes en los sistemas de aguas; son sustancias activas y/o preparados de las mismas, presentados en la forma en que son suministradas al usuario, destinadas a destruir, contrarrestar, neutralizar, impedir la acción o ejercer un control de otro tipo sobre cualquier organismo nocivo por medios químicos y biológicos.

La evaluación del proyecto de biocidas para el agua de enfriamiento y agua potable, permitirá contar con sistemas seguros y confiables de almacenamiento, transporte, dosificación, control y manejo de emergencias por fugas de productos que actúen como biocidas adecuados y rentables para utilizar en el control microbiológico del agua de enfriamiento, agua potable y agua clarificada de la Gerencia Refinería Barrancabermeja.

* Monografía

** Facultad de Ingenierías Físico- Mecánicas. Especialización en evaluación y Gerencia de proyectos. Director: Carlos Eduardo Díaz Bohórquez.

ABSTRACT

TITLE: TECHNICAL EVALUATION OF BIOCIDAL SYSTEMS WATER TREATMENT COOLING AND DRINKING IN MANAGEMENT BARRANCABERMEJA REFINERY*

AUTHORS: YURIAM ZUHEYT MALAVER BOTIA**

KEYWORDS: BIOCIDES, CHLORINE, DRINKING WATER, WATER COOLING.

DESCRIPTION OR CONTENT:

Barrancabermeja refinery Management has 9 points (TE-831, TE-801, TE-820, TE-880, TE-850, TE-890, TE-4401, TE-2940, TE-2945) dosage of chlorine gas for drinking water systems and cooling water to ensure drinking water quality and integrity of equipment. Current systems of chlorination of the different units have a potential risk because they do not meet the best management practices of this chemical. Given current conditions chlorination booths, it was considered necessary to perform the evaluation of different alternatives for the elimination and reduction of the risks inherent in this product enhancements implemented in current systems using biocides other systems that are economically less risk viable and profitable.

There will be a comparison of biocides chemicals which are toxic to microorganisms in water systems, are active substances and / or preparations thereof, presented in the form in which they are supplied to the user, intended to destroy, deter , render harmless, prevent the action or exercise control over any other harmful organism by chemical or biological means.

The project evaluation of biocides for cooling water and drinking water, will provide safe and reliable systems for storage, transport, metering, control and emergency management by leaking products acting as biocides and cost suitable for use in control microbiological cooling water, drinking water and clarified the Barrancabermeja Refinery Administration.

* Monograph.

** School of mechanical Engineering. Evaluation and project management Specialization. Director: Eduardo Díaz Carlos Bohórquez.

INTRODUCCION

Dentro de la refinería de Barrancabermeja se manejan dos procesos de tratamiento de agua: agua potable y agua de enfriamiento, en la operación se hace necesario la aplicación de un biocida, con el fin de eliminar los microorganismos presentes en el agua para que sea apta para el consumo humano garantizando la calidad del agua potable y el agua de enfriamiento de la refinería.

Bajo las condiciones actuales de sistemas de dosificación de cloro, se monitorea y controla el cloro gaseoso como biocida en la refinería.

En nueve puntos en áreas distribuidas en la refinería de Barrancabermeja, existe el riesgo potencial de escape de cloro en la manipulación de esta sustancia química. De esta manera, se considera necesario implementar alternativas para el control y manejo de emergencias por fugas de las sustancias químicas involucradas en la producción o dosificación de biocidas para el control microbiológico del agua de enfriamiento, el agua potable, y el agua clarificada en la refinería de Barrancabermeja.

En el presente estudio se identificarán y evaluarán alternativas de tecnologías y productos químicos, que cumplan con lo establecido como mejores prácticas por el instituto del cloro y las normas de seguridad establecidas en la empresa, para mitigar los potenciales riesgos para el medio ambiente, las personas, garantizar la confiabilidad en la operación y calidad de los sistemas de tratamientos de agua para los diferentes procesos industriales en la refinería de Barrancabermeja.

Para la evaluación de alternativas de biocidas se tomarán en cuenta criterios técnicos, riesgos de no ejecutar el proyecto y financieros que permitan cumplir con el programa del COPASO (COMITÉ PARITARIO DE SALUD OCUPACIONAL) en cuanto a la seguridad de las personas, salud ocupacional; enfocado a los objetivos estratégicos de la gerencia refinera Barrancabermeja “Alcanzar estándares internacionales en la seguridad de la operación y en el principio empresarial de respeto por el medio ambiente, las personas y comunidades que nos rodean (desarrollo sostenible) y prioridad por la seguridad, integridad personal y medio ambiente que contempla la política integral de Ecopetrol”.

Por consiguiente, se considera necesario implementar alternativas de mitigación, reducción, o eliminación de los riesgos inherentes a este producto, implementando mejoras en los sistemas actuales de cloración y/o utilizando otros sistemas de biocidas de menor riesgo, que sean económicamente viables y rentables.

1. GENERALIDADES

1.1 GERENCIA REFINERIA BARRANCABERMEJA

Ecopetrol S.A. es una Sociedad de Economía Mixta, de carácter comercial, organizada bajo la forma de sociedad anónima, del orden nacional, vinculada al Ministerio de Minas y Energía, de conformidad con lo establecido en la Ley 1118 de 2006, regida por los Estatutos Sociales que se encuentran contenidos de manera integral en la Escritura Pública No. 5314 del 14 de diciembre de 2007, otorgada en la Notaría Segunda del Círculo Notarial de Bogotá D.C.

La Junta Directiva es la máxima autoridad de la Empresa, y la integran, la Presidencia, el Ministro de Minas y Energía y cuatro miembros principales con sus respectivos suplentes, todos designados por el Presidente de la República y sujetos al régimen de libre nombramiento y remoción.

Después de la Junta, la máxima autoridad administrativa recae en la Presidencia de la Empresa, cargo que tiene el carácter de público y es igualmente de libre nombramiento y remoción del Presidente de la República.

Ecopetrol S.A. es la empresa más grande del país y la principal compañía petrolera en Colombia. Por su tamaño, Ecopetrol S.A. pertenece al grupo de las 35 petroleras más grandes del mundo y es una de las cuatro principales de Latinoamérica.

Ecopetrol S.A. Cuenta con campos de extracción de hidrocarburos en el centro, el sur, el oriente y el norte de Colombia, dos refinerías, puertos para exportación e importación de combustibles y crudos en ambas costas y una red de transporte de

8.124 kilómetros de oleoductos y poliductos a lo largo de toda la geografía nacional, que intercomunican los sistemas de producción con los grandes centros de consumo y los terminales marítimos.

Desde 1997 Ecopetrol S.A. marco récords al obtener las más altas utilidades de una compañía colombiana en toda la historia. En 2003 se convirtió en una sociedad pública por acciones y emprendió una transformación que garantiza mayor autonomía financiera y competitividad dentro de la nueva organización del sector de hidrocarburos de Colombia, con la posibilidad de establecer alianzas comerciales fuera del país.

En 2007, Ecopetrol consolidó grandes transformaciones. Por un lado renovó su marca y asumió a una iguana verde como su nuevo logo símbolo. Por otro lado, desarrolló el proceso de capitalización más grande de Colombia con el que vinculó a cerca de 450 mil colombianos de todos los niveles y regiones del país como accionistas.

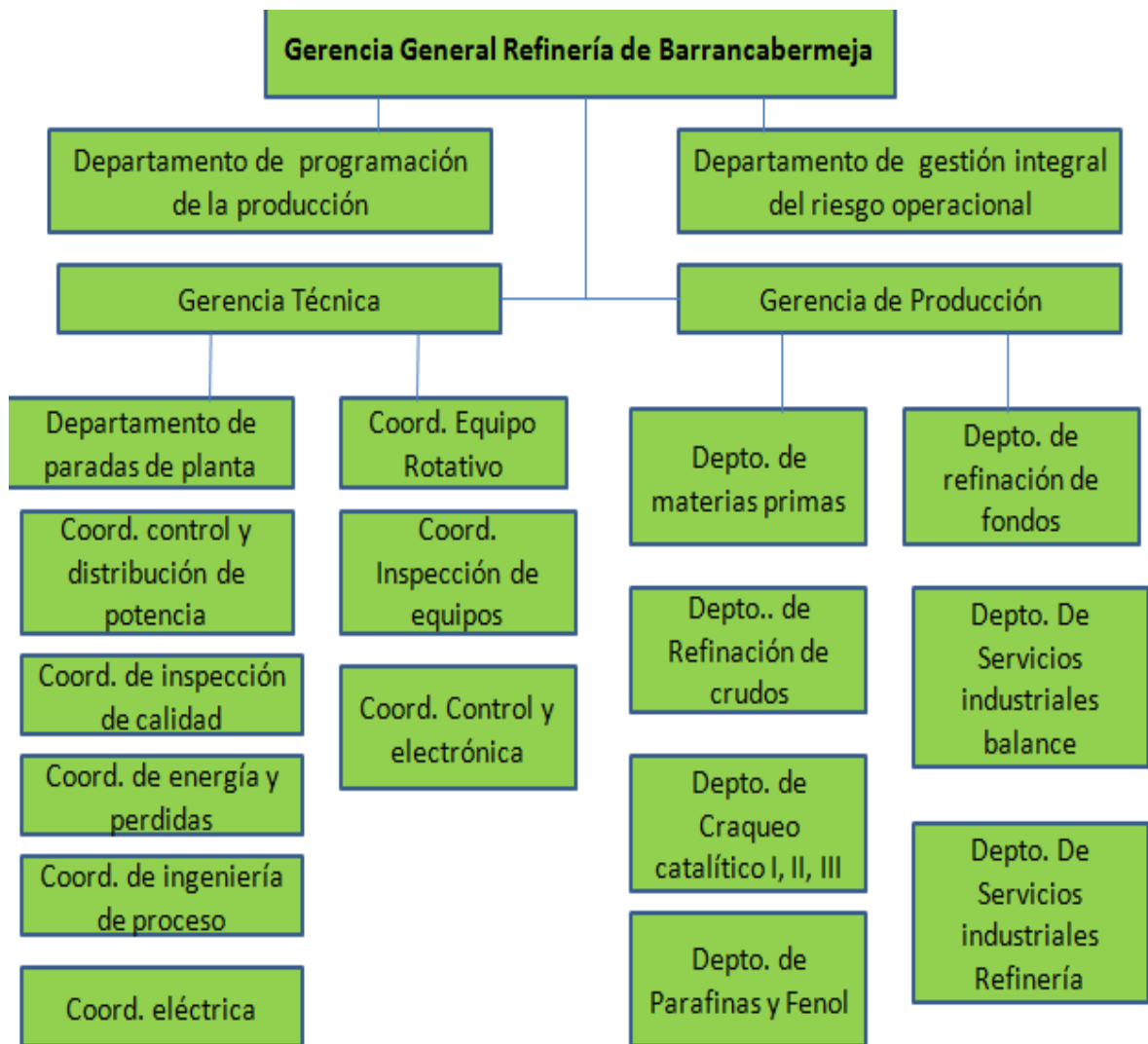
La Gerencia Refinería Barrancabermeja de ECOPETROL S.A. está vinculada a la Vicepresidencia de Refinación y Petroquímica, cuyo principal activo es la Refinería de Barrancabermeja. La capacidad de carga de la Refinería está definida en 250.000 Barriles/día y está compuesta por 5 procesos fundamentales, Servicios Industriales, Refinación, Cracking, Petroquímica y Materias primas; las cuales para su óptimo funcionamiento requieren acciones de mantenimiento programado y actualización de equipos.

1.2 ORGANIGRAMA DE LA ORGANIZACIÓN

En la figura 1 se muestra el organigrama de la gerencia refinería Barrancabermeja

Dentro de la organización las dos gerencias (gerencia de producción y gerencia técnica) sobre las que se soporta la gerencia general realizan las funciones de operación de las unidades de proceso y soporte técnico a los departamentos operativos de proceso; la función básica de cada de las gerencias se describe a continuación:

Figura 1. Organigrama de la Gerencia Refinería Barrancabermeja



Fuente: AMAYA, Sergio, PINEDA Álvaro Monografía en Gerencia de mantenimiento 2009

1.2.1 Gerencia General

Departamento de programación de la producción Refinería Barrancabermeja

Función básica:

Proponer la generación de políticas, directrices para garantizar la generación de máximo valor agregado de las operaciones, mediante la selección y aprovechamiento óptimo de las materias primas, instalaciones, presupuestos e insumos. Garantizar la efectividad de la planeación, programación, ejecución, seguimiento, mejoramiento y sostenimiento del proceso de mantenimiento día a día.

1.2.2 Gerencia de Producción

Departamento de Materias primas y productos

Función básica:

De acuerdo con el programa de entregas y recibos operar la infraestructura existente para recibir los crudos, preparar y suministrar las materias primas a las plantas de proceso, mezclar y entregar los productos terminados; garantizar la disponibilidad de inventarios en tanques, y efectuar el tratamiento de efluentes líquidos provenientes de los procesos de producción.

Departamento de Refinación de Crudos

Función básica:

De acuerdo con el programa de producción, procesar petróleo crudo, gasolinas naturales y fondos de vacío para producir productos terminados e intermedios, como materias primas de Cracking y Petroquímica.

Departamento de Craqueo Catalítico I-II-III

Función básica:

De acuerdo con el programa de producción, procesar gasóleos, crudo reducido, y fondos de vacío tratados para producir gasolina de alto octanaje, aceite liviano de ciclo, GLP, Etano-Etileno, azufre y derivados como materia prima para otros procesos.

Departamento de Petroquímica, Parafinas y Fenol.

Función básica:

Maximizar el valor agregado del gas natural y algunos derivados del crudo mediante su transformación a productos petroquímicos para cubrir la mayor proporción del mercado.

Departamento de Servicios Industriales Refinería y Balance

Función básica:

Generar los Servicios Industriales requeridos para la operación de la infraestructura Operativa y Administrativa.

Departamento de Mantenimiento

Función básica:

Ejecutar actividades de mantenimiento rutinario (Reactivo y Proactivo), dirigidas a mejorar la disponibilidad de los equipos para garantizar el cumplimiento de los compromisos de producción, administrar las herramientas y los inventarios de materiales para la producción.

1.2.3 Gerencia Técnica

Departamento de Apoyo Técnico a la Producción

Función básica:

Garantizar la capacidad óptima de las plantas mediante la formulación de estrategias de mantenimiento y de operación de los equipos; El soporte de ingeniería de proceso, estático, rotativo, control e instrumentación y eléctrico; el análisis y prevención de eventos de falla y el monitoreo de equipos críticos.

Departamento de Paradas de Planta

Función básica:

Responder por trabajos de las paradas de las unidades de proceso y tanques, para mantener tecnológicamente actualizadas las unidades y/o restablecer sus condiciones mecánicas y por la administración de los contratos de obra mayores y menores relacionados con la ejecución de los proyectos de inversión.

2. CONDICIONES ACTUALES DE OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE DOSIFICACION DE CLORO - DEFINICION DEL PROBLEMA

La Gerencia Refinería Barrancabermeja cuenta con nueve puntos de dosificación de cloro gaseoso para los sistemas de agua de enfriamiento en las TE- 831, TE-801, TE-820, TE-880, TE-850, TE-890, TE- 4401, TE- 2940, TE-2945 y para el sistema de agua potable y clarificada en las U-800, U-850.

Teniendo en cuentas las condiciones actuales de los sistemas de dosificación de cloro de las diferentes unidades de proceso(cracking III, cracking II, cracking I, refinación de crudos, refinación de fondos, servicios industriales y petroquímica) se tiene un potencial riesgo de escape de cloro en forma gaseosa por las condiciones de manejo y las instalaciones que no cumplen con el documento GRB-CTC-G-007 “*requerimientos para la aplicación de cloro gaseoso en sistemas de tratamiento de agua en la gerencia refinería Barrancabermeja*”.

Bajo las condiciones actuales en los años 2011 y 2012 se presentaron 18 fallas de componentes de los sistemas de cloración por presentar baja confiabilidad en las áreas de dosificación de cloro con escape de este químico; a pesar de ser de bajo potencial fueron controlados sin ninguna afectación a las personas y el medio ambiente.

3. OBJETIVO

3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar de forma integral los diferentes sistemas de biocidas, para garantizar que el sistema de cloración del agua de enfriamiento y agua potable de la refinería de Ecopetrol de Barrancabermeja sea seguro, confiable, eficiente y rentable.

3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar una evaluación de mercado de los diferentes biocidas utilizados en la industria.
- Realizar una evaluación de alternativas tecnológicas de los diferentes biocidas.
- Evaluación financiera de las alternativas propuestas.
- Selección de alternativa de biocidas.

4. ANTECEDENTES Y ESTADO ACTUAL.

Debido a los riesgos inherentes a la utilización del cloro gaseoso, se han planteado alternativas para la mitigación, reducción o eliminación de estos a través de diferentes actividades.

Desde el inicio del proyecto de la nueva unidad de planta de agua, estaba incluida la construcción de la caseta de cloración con sistema de neutralización de fugas y en el año 2007 se actualizó la ingeniería para esta caseta. La ejecución de las obras del proyecto en mención se desplazó en el tiempo por no contarse con condiciones de seguridad en la nueva planta de agua que garantizarán el desarrollo normal del Proyecto y sin exponer la salud de los trabajadores. De tal forma, que en febrero de 2010 cuando se tomó la decisión de reiniciar la ejecución del proyecto de modernización de la unidad de planta de agua, se decidió retirar del alcance del proyecto lo correspondiente al sistema de cloración con la recomendación de iniciar un proyecto nuevo de manejo seguro de cloro.

Como parte del alcance de los contratos de tratamientos químicos de las torres enfriadoras, las dos firmas contratistas encargadas de estos tratamientos (Nalco y Clariant) presentaron dos propuestas de remplazo de cloro, cumpliendo con el ítem de especificaciones técnicas de estos contratos.

La realización de las pruebas pilotos de estos productos no fueron aprobadas, debido a su alto costo de los productos ofrecidos (US\$171'362.520 y US\$81'530.400) durante 5 meses de prueba.

Como las prueba no fueron aprobadas la gerencia técnica recomendó evaluar diferentes alternativas de biocidas para utilizar en la industria; de acuerdo a los lineamientos se generó un plan de trabajo para ejecución de acciones a corto plazo en los sistemas actuales de manejo de cloro.

5. DESCRIPCION GENERAL DEL PROCESO

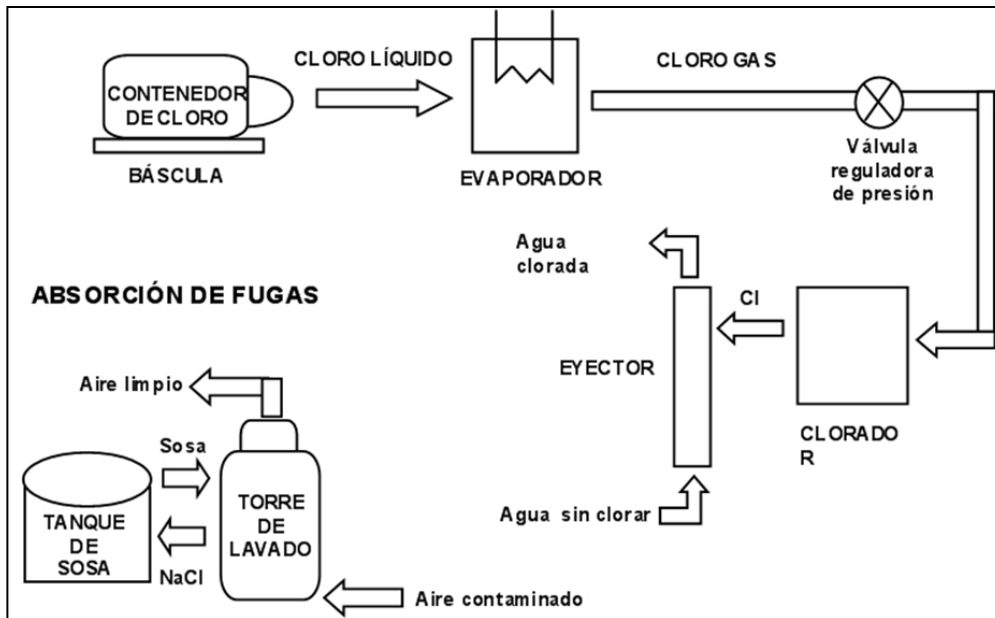
5.1 PLANTAS DE AGUA

Para suplir las necesidades de agua en la Gerencia Refinería Barrancabermeja, actualmente se dispone de cuatro (4) plantas de agua: U-800, U-830, U-850, U2900, que suministran diferentes clases de agua para los diferentes procesos de enfriamiento, generación de vapor, contra incendio y agua potable.

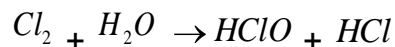
En la figura 4. Diagrama de control de tratamiento de agua se presenta el proceso de la sección de planta de agua U-800 y la sección de planta de agua de la U-830; la primera etapa es la captación de agua del río Magdalena, posterior pasa a los equipos de clarificación para remover la cantidad de lodos y mejorar la turbiedad del agua y finalmente a la sección de tratamiento de aguas que a partir de diferentes procesos de filtración, suavización, potabilización y cloración se produce el agua potable y el agua de enfriamiento para la Refinería.

Durante el proceso de cloración ver figura 2, se busca eliminar los microorganismos presentes en el agua potable para que ésta sea apta para el consumo humano.

Figura 2. Proceso de cloración



Las reacciones químicas se conocen con el nombre hidrólisis. La reacción de hidrólisis se presenta a continuación:



El cloro Cl_2 , al reaccionar con el agua H_2O , genera ácido hipocloroso $HClO$ que aporta las propiedades desinfectantes y oxidantes del cloro.

El cloro existe como un gas amarillo-verdoso a temperaturas y presiones ordinarias. La exposición al cloro puede ocurrir en el lugar de trabajo o en el medio ambiente a causa de escapes en el aire, el agua o el suelo.

La respiración de pequeñas cantidades de cloro durante cortos periodos de tiempo afecta negativamente al sistema respiratorio humano. Los efectos van desde tos y dolor pectoral hasta retención de agua en los pulmones. El cloro irrita la piel, los ojos y el sistema respiratorio. No es probable que estos efectos tengan lugar a niveles de cloro encontrados normalmente en la naturaleza.

El cloro se disuelve cuando se mezcla con el agua; también puede escaparse del agua e incorporarse al aire bajo ciertas condiciones. La mayoría de las emisiones de cloro al medio ambiente son al aire y a las aguas superficiales. Una vez en el aire o en el agua, el cloro reacciona con otros compuestos químicos, se combina con material inorgánico en el agua para formar sales de cloro, y con materia orgánica para formar compuestos orgánicos clorinados.

Debido a su reactividad no es probable que el cloro se mueva a través del suelo y se incorpore a las aguas subterráneas.

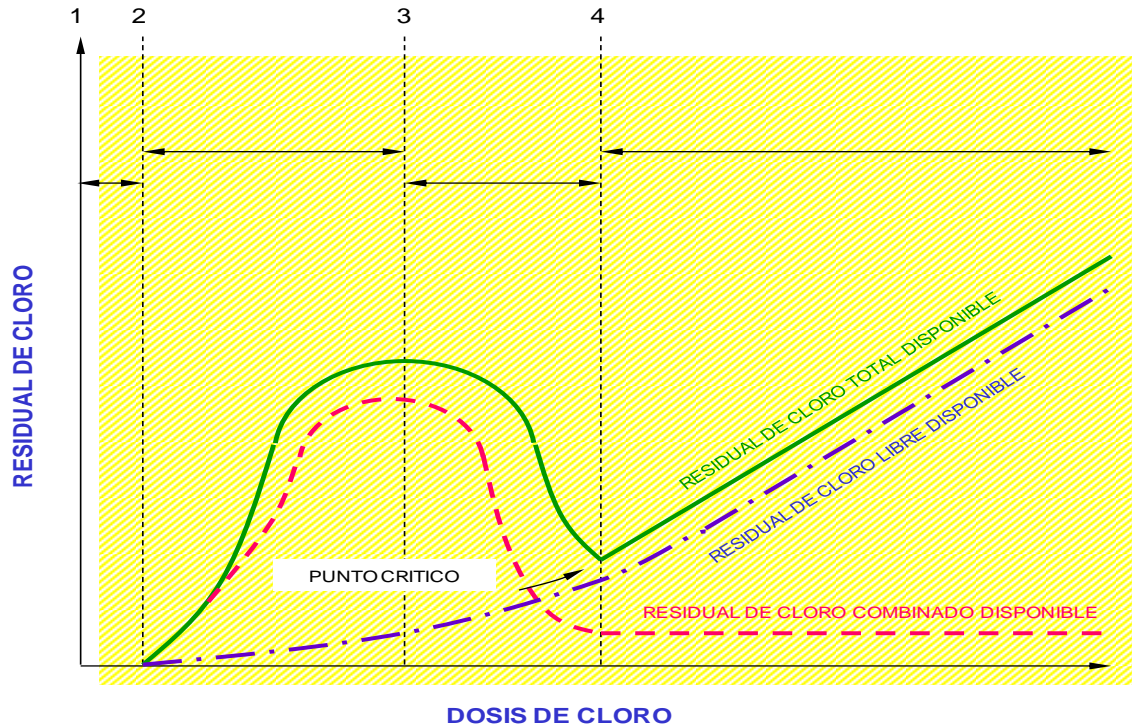
El cloro provoca daños ambientales a bajos niveles. El cloro es especialmente dañino para organismos que viven en el agua y el suelo.

En la mayoría de los tratamientos de purificación del agua para consumo humano, se usa la clorinación sobre el punto crítico o "*breakpoint*" de acuerdo con la curva de demanda de cloro en agua dada.

En la Figura 3. Clorinación al Punto Crítico "*Breakpoint*", inicialmente se añade una pequeña cantidad de cloro al agua y se va incrementando de acuerdo a la secuencia de puntos indicados. Los términos "libre" y "disponible" indican que el cloro elimina eventualmente los organismos indeseables en el agua. En términos de poder desinfectante, el residual de cloro disponible libre es 25 veces más potente que el combinado. El residual de cloro libre disponible deberá ser por lo menos 0.3 mg/litro (0.2 ppm) y máximo de 1.0 mg/litro al momento de llegar al consumidor.

Finalmente el agua se distribuye a los usuarios repartidos en toda la refinería, manteniendo un residual de cloro de 0,9 a 1,0 ppm medido en las plantas de agua U-800 y U830 la salida final para consumo de usuarios.

Figura 3. Clorinación al Punto Crítico *Breakpoint*



Fuente: Manual de operación de las unidades de la planta de agua del departamento de Servicios Industriales Refinería de la Gerencia Refinería Barrancabermeja

La red de agua recorre todas las unidades de proceso de la refinería, todos los edificios administrativos, las cafeterías, los barrios, y algunas zonas aledañas tales como: el batallón, la armada y el comisariato, adicionalmente cuenta con algunos puntos en la ciudad a la salida de las instalaciones de la refinería, para la utilización por parte de la comunidad de Barrancabermeja.

5.2 TORRES ENFRIADORAS

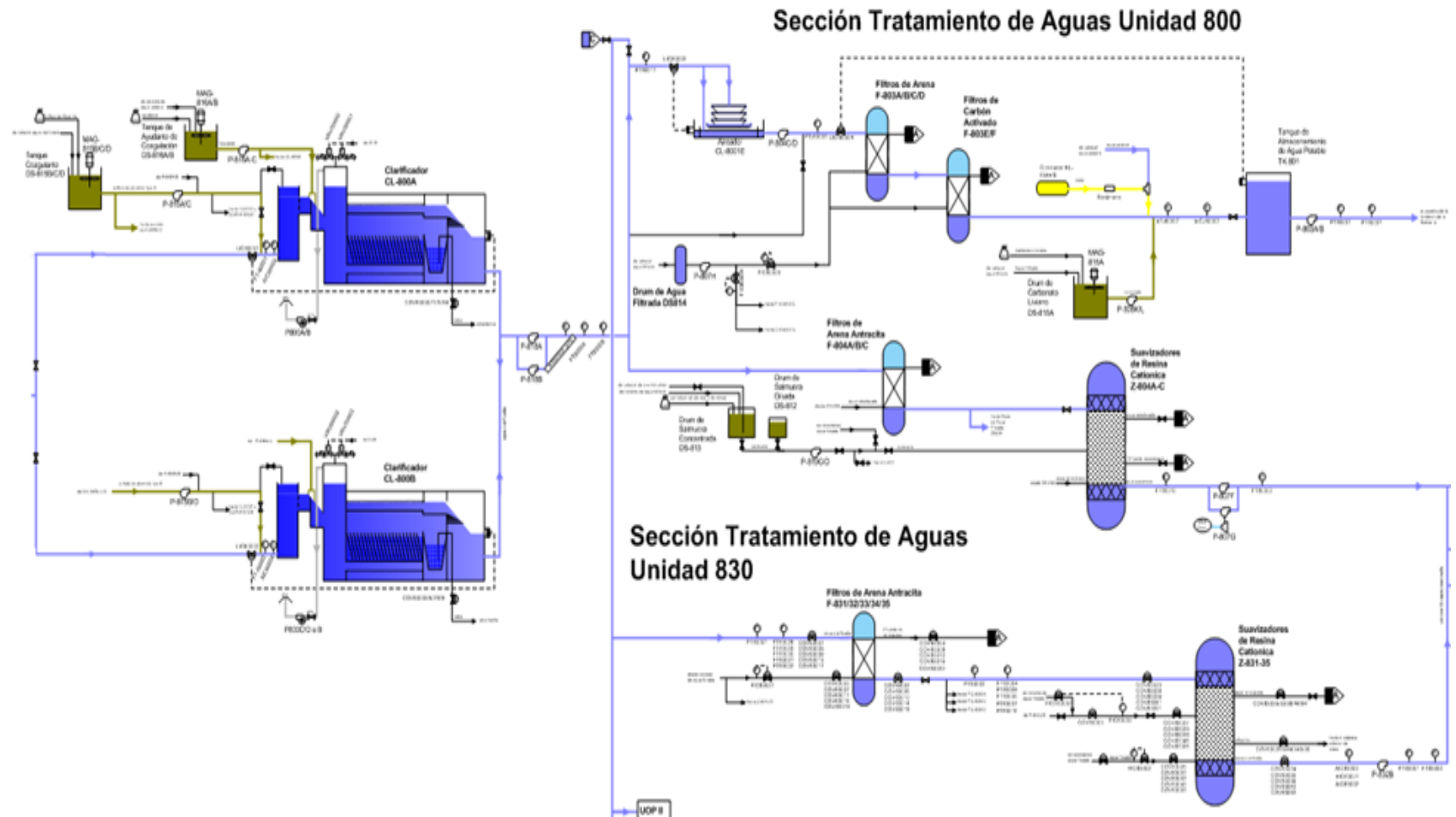
En la figura 5 se presentan los sistemas de las torres de enfriamiento de circulación abierta y tiro inducido de flujo en contracorriente, creado por un

ventilador axial ubicado en la parte superior de la torre, con rellenos de cerámica o sintéticos, según sean las características de cada torre, encontrándose divididas en celdas, en las que cada una contiene su respectivo ventilador y la piscina de acumulación de agua.

De las torres de enfriamiento se envía el agua a las diferentes plantas por medio de las bombas de recirculación. La presión de descarga de estas bombas es de 55 a 60 psig. Con una temperatura en el agua de 90° F, cumpliendo su ciclo de enfriamiento en los equipos y volviendo a la torre con una temperatura de 112° F y una presión de 20 a 25 psig. Para reponer las pérdidas de agua por evaporación y purgas, en cada torre se recupera el flujo con agua clarificada proveniente de las plantas de agua anteriormente descritas y como biocida oxidante básico se solubiliza cloro gaseoso en una corriente de agua y se inyecta en un punto específico de cada planta para garantizar la mezcla.

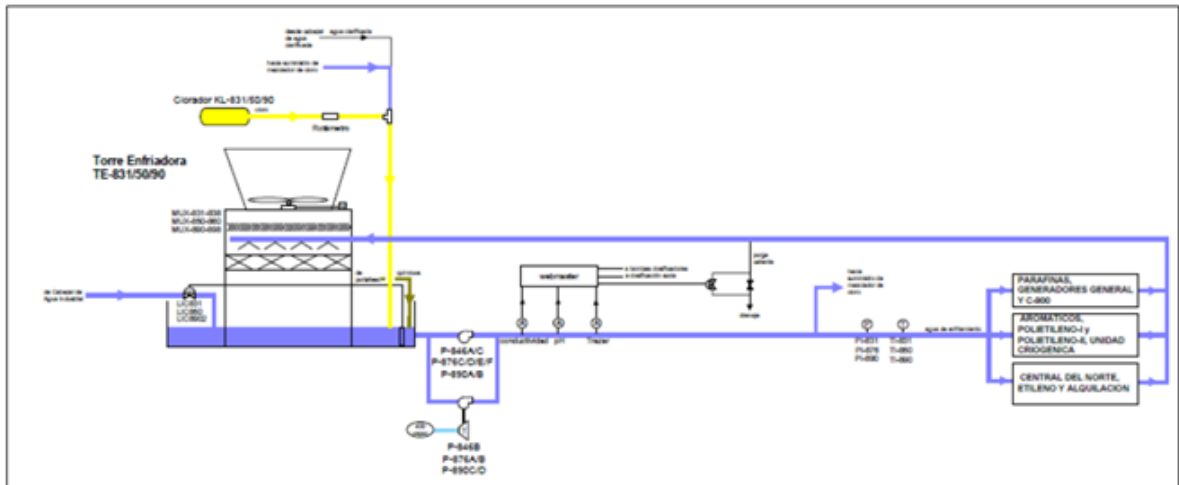
Para el control microbiológico se adiciona cloro gaseoso en la piscina de cada torre de enfriamiento para evitar problemas de incrustación, corrosión, ensuciamiento y crecimiento microbiano en el sistema.

Figura 4. Diagrama de control de tratamiento de agua.



Fuente: Manual de operación de las unidades de la planta de agua del departamento de Servicios Industriales Refinería de la Gerencia Refinería Barrancabermeja

Figura 5. Torre de enfriamiento



Fuente: Manual de operación de las unidades de la planta de agua del departamento de Servicios Industriales Refinería de la Gerencia Refinería Barrancabermeja.

5.3. DESCRIPCION DEL SISTEMA DE CLORACION EN PLANTAS DE AGUA Y TORRES ENFRIADORAS

Para el tratamiento del agua de enfriamiento en las torres enfriadoras en las actuales plantas de agua, se realiza la adición de una solución clorada de acuerdo a la dosis y a los caudales específicos de cada planta.

Para ello se solubiliza cloro gaseoso en una corriente de agua y se inyecta en un punto específico de cada planta, para garantizar la mezcla con la corriente a desinfectar u oxidar.

El cloro gaseoso se extrae del contenedor que esté en servicio y se regula mediante un clorador, el cual es ajustado automáticamente de acuerdo con la rata requerida de cloro en cada uno de los puntos de aplicación de las plantas de agua y torres de enfriamiento, mediante una señal existente de caudal en cada planta.

El sistema más confiable para la dosificación de cloro es mediante la generación de vacío, el cual se realiza por medio de un eyector alimentado por una corriente de agua, con un caudal y presión suficiente para vencer las contrapresiones en los puntos de aplicación. Este no sólo sirve como fluido motriz sino como medio solubilizante. El suministro permanente de agua es parte vital de la seguridad del sistema, un corte en dicho suministro o una baja de presión en las líneas de alimentación puede llegar a producir una fuga de cloro gaseoso en los gabinetes de cloración.

De esta manera, se tiene un potencial riesgo de escape de cloro en forma gaseosa por las condiciones, las instalaciones, la manipulación de los cilindros de cloro y la ubicación de los contenedores que almacenan cloro debido a que están dentro del proceso de cada unidad que pueden afectar considerablemente a la salud de las personas, la integridad de los equipos, el medio ambiente, afectar el tratamiento químico del agua potable y agua de enfriamiento.

6. IDENTIFICACION DE BIOCIDAS

Son productos químicos que son tóxicos para los microorganismos presentes en algunos sistemas, son sustancias activas y/o preparados de las mismas, presentados en la forma en que son suministradas al usuario, destinadas a destruir, contrarrestar, neutralizar, impedir la acción o ejercer un control de otro tipo sobre cualquier organismo nocivo por medios químicos y biológicos.

Generalmente son dosificados a un sistema para reducir eficaz y rápidamente la población de microorganismos, los cuales no pueden recuperarse fácilmente del descenso de población.

Los tipos de biocidas se pueden clasificar según su mecanismo de acción como:

- Agentes que dañan la integridad estructural de la membrana.
- Agentes desnaturalizantes de proteínas.
- Agentes modificadores de grupos funcionales.

Las condiciones básicas que debe cumplir un buen biocida:

- Debe tener un amplio espectro de actividad, es decir, debe cubrir una amplia gama de microorganismos (bacterias, virus y hongos).
- Efectivo a baja concentración: Mientras más baja es la dosis, más económico resulta el tratamiento.
- Efectivo en un amplio rango de pH.
- Solubles en agua.
- Compatible con otras especies químicas en el medio.
- Alta persistencia: Debe ser efectivo a través del tiempo.

- Fácil de neutralizar: Debe poseer mecanismos desactivadores para su posterior neutralización.
- Baja toxicidad humana: No debe ser perjudicial en su manipulación segura por parte del operador.

Los principales factores que influyen la actividad del biocida son:

- Concentración del biocida.
- El ambiente físico externo:
 - ✓ Temperatura: a mayores temperaturas generalmente mayor actividad.
 - ✓ pH: origina una serie de cambios en las moléculas y en la superficie celular que provocan modificaciones en el componente activo del biocida.
 - ✓ Presencia de sustancias que interfieren, materia orgánica, iones metálicos u otros.

6.1. BIOCIDAS AGENTES OXIDANTES

Oxidán irreversiblemente proteínas provocando pérdida de la actividad enzimática, hidrólisis de los constituyentes orgánicos y consecuentemente la rápida muerte de las células. Dentro de los cuales se destacan:

- Cloro gaseoso
- Dióxido de cloro
- Isocianatos de cloro
- Hipocloritos de sodio o de calcio
- Compuestos bromados
- Ozono
- Rayos Ultravioleta

En la tabla 1 se presenta la comparación cualitativamente de los diferentes biocidas como agentes oxidantes y los efectos positivos y negativos de sus propiedades.

Tabla 1. Comparación entre los diferentes biocidas

BIOCIDA	Eficacia Biocida	Estabilidad	Efecto con el pH	Efecto remanente	Remoción de colores	Remoción de olores comunes
Cloro	++	++	Disminuye al aumentar el pH	+	Bueno	Bueno
ClO ₂	++	++	Incrementa al aumentar el pH	+	Bueno	Bueno
Cloroaminas	+	+++	Poca influencia	++	Inadmisible	Pobre
Ozono	+++	+	Poca influencia	-	Excelente	Excelente
UV	++	-	NA	En estudio	NA	NA

Fuente: Autora del proyecto

7. EVALUACION DE ALTERNATIVAS PROPUESTAS DE SISTEMAS DE BIOCIDAS

Para la evaluación de alternativas de biocidas se tomaron en cuenta criterios técnicos, financieros y de seguridad que permitieran cumplir con los objetivos principal y específicos del proyecto.

Para la evaluación técnica de las alternativas, se consideraron aspectos operativos, tecnológicos, mecánicos y calidad tanto de las materias primas como de los productos biocidas.

En la evaluación financiera de las alternativas se consideraron los costos de las inversiones iniciales, costos de operación, mantenimiento para calcular el VPN y factor J^1 de cada una de las alternativas.

En la evaluación técnica se presenta los aspectos operativos, tecnológicos, mecánicos y de proveedores de cada una de las alternativas y el proceso de selección de la alternativa definida.

En la tabla 2 se presenta las actividades de las fuentes de tecnología para proponer las alternativas a evaluar y teniendo en cuenta las mejores prácticas implementadas en diferentes refinerías a nivel mundial, en los procesos de producción de agua potable y agua de enfriamiento, sistemas recomendados por el instituto del cloro y a la experiencia de empresas multinacionales en contratos de tratamientos químicos, se consideró evaluar cinco alternativas que garantizan

¹ Factor J: Factor utilizado en Ecopetrol como criterio para la evaluar financieramente proyectos que son requeridos para operar: Valoración de riesgo en términos de dinero antes del proyecto, valor del riesgo después del proyecto, y el costo de la inversión, factor > 1 y < 3 viable proyecto, factor < 1 no es viable el proyecto.

la producción de agua con los parámetros de calidad establecidos en la refinería de Barrancabermeja.

Tabla 2. Fuentes de tecnología de los sistemas de biocidas para el agua de enfriamiento y agua potable.

OPTIMIZACIÓN DE LOS SISTEMAS DE BIOCIDAS PARA EL AGUA DE ENFRIAMIENTO Y AGUA POTABLE EN LA GERENCIA REFINERÍA BARRANCABERMEJA DE ECOPETROL S.A.	
FUENTES DE TECNOLOGÍA	
ACTIVIDAD	COMENTARIOS
1. Recolección de información	A través de consultas en internet y documentación técnica del INSTITUTO DEL CLORO (THE CHLORINE INSTITUTE, INC)
2. Proveedores de tecnología consultados	Proveedores de tecnología: Serven Trent, Tepsa.
3. Entrevistas con contratistas, consultores, etc.	Comunicaciones con consultores: Conve & AVS Inc. HS&E Compliance Resources
4. Bases de datos e inteligencias de mercado	Inteligencia de mercado de tratamientos químicos Inteligencia de mercado para consultoría de evaluación de biocidas
5. Proveedores de productos químicos	Nalco, Clariant, PQP, EKA, Cryogas, Maserpet, Brinsa, Officine Meccaniche Gallaratesi S.P.A
6. Reporte de consultores de los contratos de ingeniería	Ingeniería de detalle para la caseta de cloración de la U-830, elaborada por Inelectra - Tepsa. Ingeniería básica del proyecto PMBR para los sistemas de biocidas de agua industrial. Propuestas de firma consultora y de ingeniería en el tema de cloro: Serviclora
7. Benchmarking	Consultoría del PMSI
8. Otros	Experiencias de aplicaciones: Campo 23 del centro regional magdalena medio

Fuente: Autora del proyecto

La selección de alternativas se rigió por el cumplimiento de los requisitos:

- Técnicos, dentro de los que se incluyeron los aspectos operativos, mecánicos y tecnológicos.
- Financieros donde se tuvo en cuenta las pérdidas y costos sin proyecto, y los riesgos con proyecto.
- Seguridad, salud ocupacional y ambiente.

Las alternativas propuestas a evaluar en los aspectos anteriormente descritos son:

7.1. PRIMERA ALTERNATIVA - CLORO: CASETAS DE CLORACIÓN CON SISTEMAS DE CONTROL DE FUGAS DE CLORO CON SISTEMA DE NEUTRALIZACIÓN CON SODA.

Continuar utilizando cloro gaseoso como biocida para todos los sistemas de agua de enfriamiento, agua clarificada y agua potable, implementado en las 9 casetas actuales de cloración que se encuentran en los departamentos operativos, que cumplan con todas las recomendaciones del Instituto del Cloro e implementando sistemas de control de fugas de cloro con neutralización con soda caustica.

VENTAJAS GENERALES DEL CLORO:

- El cloro mata extremadamente rápido y es efectivo contra un amplio espectro de microorganismos
- Bajo costo
- Suficiente información sobre resultados aceptables en condiciones específicas
- Fácilmente medible.

Específicas para la Gerencia Refinería Barrancabermeja

- Control del riesgo por fuga de gas tóxico, porque se implementan controles para mitigar las fugas de cloro.
- Se disminuye el riesgo al controlarse la fuga, disminuyendo la probabilidad de afectación a las personas.
- Aprovechamiento de parte de la infraestructura existente.
- Continuidad en los costos de producción, al continuar con cloro gaseoso.
- Conocimiento y experiencia en el manejo del cloro gaseoso como biocida.
- Estandarización de repuestos, practicas, procedimientos.

DESVENTAJAS GENERALES DEL CLORO:

- Deficiente efectividad a pH elevados.
- Baja resistencia a la inactivación por desechos orgánicos, la aireación y la luz ultravioleta.
- Contribuye a la corrosión de los metales.
- El sistema de dosificación es costoso y requiere mantenimiento exhaustivo.
- Restricciones ambientales especialmente en algunas cuencas (vertimiento de cloroaminas y halometanos).

Específicas para la Gerencia Refinería Barrancabermeja

- Continuidad del riesgo de afectación por fuga de gas toxico. Se continúa manipulando con el producto químico riesgoso Cloro, el cual puede presentar Incidentes durante su transporte y manipulación desde y hacia las bodegas de almacenamiento.
- Altos costos de inversión inicial sin disminución ni optimización de los costos de producción.

- Incremento en los costos de mantenimiento debido a la complejidad y gran cantidad de componentes de los sistemas.
- Necesidad de capacitación y desarrollo de competencias para mantener las instalaciones con el mismo nivel de seguridad.
- Alta probabilidad de pérdida de niveles de seguridad, debido a la gran cantidad de componentes en las 9 instalaciones.
- Continuar con la formación de trihalometanos en el agua potable.

7.2 SEGUNDA ALTERNATIVA -CLORO: CASETAS DE CLORACIÓN CON SISTEMAS DE CONTROL DE FUGAS DE CLORO CON SISTEMAS DE ADSORCIÓN CON ALÚMINA.

Continuar utilizando cloro gaseoso como biocida para todos los sistemas de agua de enfriamiento, agua clarificada y agua potable, implementando 9 casetas de cloración que cumplan con todas las recomendaciones del Instituto del Cloro e implementando sistemas de control de fugas de cloro con sistemas depuradores secos de adsorción con alúmina.

VENTAJAS GENERALES DEL CLORO

Específicas para el sistema de control de fugas de gas:

- No requiere mantenimiento del sistema adsorbedor químico.
- Utiliza un medio adsorbedor no peligroso.
- Sólo utiliza una parte móvil: el ventilador extractor.
- No utiliza bombas de químicos.
- No requiere sistemas de calentamiento adicionales.
- Es seguro.
- Fácil operación independiente.

- Bajo costo.

Generales del cloro:

- Bajo costo.
- Amplio espectro de actuación.
- Suficiente información sobre resultados aceptables en condiciones específicas.
- Fácilmente medible.

Específicas para la Gerencia Refinería Barrancabermeja:

- Control del riesgo por fuga de gas tóxico, porque se implementan controles para mitigar las fugas de cloro.
- Se disminuye el riesgo al controlarse la fuga, disminuyendo la probabilidad de afectación a las personas.
- Aprovechamiento de parte de la infraestructura existente.
- Continuidad en los costos de producción, al continuar con cloro gaseoso.
- Conocimiento y experiencia en el manejo del cloro gaseoso como biocida.
- Estandarización de repuestos, prácticas, procedimientos.

DESVENTAJAS GENERALES DEL CLORO:

- Deficiente efectividad a pH elevados
- Se inactiva por la aireación y por la luz ultravioleta
- Contribuye a la corrosión de los metales
- El sistema de dosificación es costoso y requiere mantenimiento exhaustivo
- Restricciones ambientales especialmente en algunas cuencas (vertimiento de cloro aminas y halometanos).

Específicas para la Gerencia Refinería Barrancabermeja

- Continuidad del riesgo de afectación por fuga de gas tóxico. Se continúa manipulando con el producto químico riesgoso Cloro, el cual puede presentar incidentes durante su transporte y manipulación desde y hacia las bodegas de almacenamiento.
- Altos costos de inversión inicial sin disminución ni optimización de los costos de producción.
- Incremento en los costos de mantenimiento debido a la complejidad y gran cantidad de componentes de los sistemas.
- Necesidad de capacitación y desarrollo de competencias para mantener las instalaciones con el mismo nivel de seguridad.
- Alta probabilidad de pérdida de niveles de seguridad, debido a la gran cantidad de componentes en las 9 instalaciones.
- Continuar con la formación de trihalometanos en el agua potable.

7.3 TERCERA ALTERNATIVA - DIÓXIDO DE CLORO IN SITU

Sistemas de generación y dosificación de dióxido de cloro para todos los sistemas de agua de enfriamiento, agua clarificada y agua potable, implementando 9 sistemas que cumplan todas las normas de seguridad. Esto incluye la adecuación de sistemas de almacenamiento, transporte y llenado de ácido clorhídrico en cada área.

VENTAJAS GENERALES PARA EL DIOXIDO DE CLORO

- Efectivo contra muchos microorganismos y más potente que el cloro en un tiempo corto de contacto.

- Mayor poder de oxidación, lo que contribuye a la remoción de olor, color, y mal sabor.
- No produce trihalometanos (THM).
- No se ve afectado por las variaciones de PH.
- Su potencial bactericida es relativamente independiente del pH entre 4 y 10.
- Es mejor que el cloro para el tratamiento de esporas.
- Requiere poco tiempo de contacto.
- Tiene buena solubilidad.
- No hay corrosión en altas concentraciones, lo que reduce los costos de mantenimiento.
- No reacciona con amoníaco o sales de amonio.
- Mejora la coagulación.
- Remueve Hierro y Manganeso.
- Se utiliza en ciertas industrias de bebidas (cervecerías y gaseosas) donde el control microbiológico es muy estricto y se debe garantizar las condiciones de los productos para consumo humano.

Específicas para la Gerencia Refinería Barrancabermeja

- Se eliminan los riesgos del cloro gaseoso.

DESVENTAJAS GENERALES PARA EL DIÓXIDO DE CLORO.

- Es complejo y más costoso que el cloro.
- Se forman productos de clorito y clorato.
- Debe producirse en el lugar donde se va a utilizar.
- Para su operación se requiere mano de obra capacitada.
- Es difícil de analizar en el laboratorio.

Específicas para el Dióxido de Cloro en la GRB:

- Se incluye un nuevo riesgo en la manipulación de HCl y la producción in situ de dióxido de cloro.
- Se desconocen los resultados de este producto para las torres enfriadoras de la refinería, solo se cuenta con referencias de otras industrias no similares.
- Solo 2 o 3 refinerías de Brasil usan Dióxido de Cloro porque les puede salir más económico al producir ellos mismos el HCl y el NaClO₂.

7.4 CUARTA ALTERNATIVA - HIPOCLORITO DE SODIO: GENERADORES EN LÍNEA DE HIPOCLORITO PARA PRODUCCIÓN IN SITU.

Sistemas de generadores de hipoclorito de sodio líquido al 0,8% para todos los sistemas de agua de enfriamiento, agua clarificada y agua potable, implementando 9 sistemas que cumplan todas las normas de seguridad. Esto incluye la adecuación de sistemas de almacenamiento, transporte y dosificación de salmuera.

VENTAJAS GENERALES DEL HIPOCLORITO DE SODIO AL 0.8%:

- La producción de hipoclorito de sodio in situ permitirá mantener un control más estricto de la dosificación y el residual de biocida.
- Debido a su baja concentración es más estable y como se inyecta inmediatamente se produce, no se ve afectado por la degradación de concentración.
- No genera riesgos de afectación a las personas, por su baja concentración (0,8%).
- Los equipos son compactos e instalados en un skid o patín.

- Elimina el riesgo de afectación a las personas por almacenamiento y transporte de sustancias químicas peligrosas.

DESVENTAJAS GENERALES PARA EL HIPOCLORITO GENERADO EN LÍNEA:

- Se pueden presentar en el medio (agua de enfriamiento) sustancias capaces de reaccionar con los compuestos clorados que disminuyan la concentración efectiva del hipoclorito.
- Se desconoce la efectividad de este producto en sistemas de gran tamaño como la red de agua potable y las torres enfriadoras.
- Requiere la preparación de materias primas a utilizar en el generador.
- Para la preparación de salmuera se requiere contar con una buena calidad de agua.
- Requiere un control dedicado y el cumplimiento estricto de las rutinas de mantenimiento.
- Como se genera y dosifica en línea, requiere planes de contingencia especiales durante los mantenimientos generales.
- El proceso genera un venteo de hidrógeno, el cual es desechado venteando a la atmósfera en forma pasiva o por dilución en el aire.

Específicas para el Hipoclorito generado en línea

- Requiere la adecuación, preparación de salmuera en cada una de las 8 áreas de dosificación.
- Requiere contar con facilidades de agua de calderas (desmineralizada) en cada una de las 9 áreas.

7.5 QUINTA ALTERNATIVA - HIPOCLORITO DE SODIO: DOSIFICACIÓN DE HIPOCLORITO COMERCIAL EN SOLUCIÓN

Sistemas de dosificación de hipoclorito de sodio líquido comercial al 15%, para todos los sistemas de agua de enfriamiento, agua clarificada y agua potable, implementando 9 sistemas que cumplan todas las normas de seguridad. Esto incluye la adecuación de sistemas de almacenamiento, transporte y dosificación de hipoclorito de sodio.

VENTAJAS GENERALES DEL HIPOCLORITO DE SODIO AL 15%:

- El Hipoclorito de Sodio es activo sobre todas las bacterias, incluyendo esporas, y además es efectivo en un amplio rango de temperaturas.
- El sistema de dosificación es muy sencillo.
- El producto es normalmente transportado y entregado en sitio a nivel nacional.

DESVENTAJAS GENERALES PARA EL HIPOCLORITO COMERCIAL:

- Debe utilizarse en soluciones diluidas en agua (con un pH ligeramente ácido), con el objeto de obtener ácido hipocloroso.
- Se pueden presentar en el medio (agua de enfriamiento) sustancias capaces de reaccionar con los compuestos clorados que disminuyan la concentración efectiva del hipoclorito.
- Implica mayor seguimiento a la dosificación para conseguir la misma efectividad de otros biocidas.
- Tiene un comportamiento de degradación con el tiempo considerable, lo cual limitaría su almacenamiento.
- Normalmente para mejorar la efectividad, se combina con otros productos (bromados), que también sean de fácil manipulación.

- Las soluciones de hipoclorito nunca deben mezclarse con ácidos, pues la reacción resultante libera gas cloro que es muy tóxico.

Específicas para El Hipoclorito Comercial en la Gerencia Refinería Barrancabermeja:

- Debido a limitación de almacenamiento, para no perder concentración y teniendo en cuenta que el producto se entrega a granel en carro tanques, sería necesario periódicamente hacer entregas en cada una de las 9 áreas de dosificación.

7.6 BIOCIDAS NO EVALUADOS

De acuerdo a los criterios definidos para la evaluación de alternativas no se consideraron los siguientes productos como alternativas de evaluación en este proyecto debido a que no cumplían con los parámetros de operación permisibles y de calidad requeridos para el proceso de agua potable y agua de enfriamiento.

- **Ozono:** Básicamente porque no maneja residual de producto activo para continuar con la acción biocida en los sistemas de enfriamiento y agua potable.
- **Luz Ultravioleta:** Básicamente porque no maneja residual de producto activo para continuar con la acción biocida en los sistemas de enfriamiento y agua potable.
- **Hipoclorito de calcio:** Básicamente por su sistema de preparación en solución, ya que este producto se consigue sólido. Adicional, a su baja disponibilidad por ser un producto importado difícil de conseguir en el mercado para las cantidades que se requerirían para estos sistemas.

8. SISTEMAS DE DOSIFICACIÓN DE BIOCIDAS EN EL MERCADO

La identificación de los sistemas de dosificación de biocidas en el mercado pretende obtener información de compañías nacionales e internacionales que han tenido experiencia en el suministro, asesoría, mantenimiento, instalación y capacitación en los procesos de tratamientos de agua potable y agua de enfriamiento.

De igual manera, se evaluó si las compañías prestaban el servicio de consultoría para realizar la evaluación y selección de las alternativas propuestas anteriormente de sistemas de dosificación de biocidas para el agua de enfriamiento y el agua potable de la Gerencia Refinería de Barrancabermeja.

8.1 DESCRIPCIÓN DE LA NECESIDAD DE CONOCIMIENTO DEL MERCADO DE LOS SISTEMAS DE BIOCIDAS

Mediante la identificación de biocidas en el mercado y la solicitud inicialmente por correo electrónico a las empresas con experiencia específica en diseño, selección suministro, montaje y puesta en operación de los sistemas sofisticados en la dosificación automática como en los sistemas de seguridad para el control de fugas y control de la calidad del agua y fugas de cloro gaseoso; se requirió conocer la estructura y capacidad de las diferentes empresas para atender el desarrollo de la consultoría para la exploración de alternativas seguras, confiables, eficientes y rentables de sistemas de biocidas para el agua de enfriamiento y agua potable; igualmente, se valoró la experiencia de las empresas proponentes que cumplían con:

- Implementación de sistemas de dosificación de biocidas para el tratamiento de aguas en plantas industriales.
- Implementación de prácticas seguras en el manejo de productos químicos para tratamiento de aguas
- Implementación de sistemas de dosificación y manejo de químicos.

El grupo de compañías que enviaron sus propuestas fueron:

1. HS&E Compliance Resources.
2. Det Norske Veritas
3. Conve & AVS Inc.
4. Dupont safety Resources
5. Databank MKS
6. KBC
7. ABS consulting
8. Arpo Sinergia Tecnológica
9. Clariant Colombia S.A
10. Serviclora

Después de recibir las propuestas las empresas que manifestaron su intención en participar en el proceso de licitación para el contrato de dosificación de químicos con productos biocidas en la industria fueron:

- DET Norske Veritas Ltda.
- OFFICINE MECCANICHE GALLARATESI S.P.A a través de su representante en Colombia INGLOTECH COLOMBIA S.A.S.
- CLARIANT (COLOMBIA) S.A.

De las firmas anteriormente nombradas CLARIANT (COLOMBIA) S.A y OFFICINE MECCANICHE GALLARATESI S.P.A a través de su representante en Colombia

INGLOTECH COLOMBIA S.A.S, presentó la documentación requerida para participar en el proceso de licitación y DET Norske Veritas Ltda. no presentó documentación requerida aunque manifestó su intención en participar.

8.2 METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DE PROPUESTAS PRESENTADAS POR LAS EMPRESAS.

Los factores a considerar en la evaluación de las propuestas presentadas para dar cumplimiento a los requisitos para la selección y evaluación de alternativas de sistemas de dosificación de biocidas para el agua de enfriamiento y el agua potable en la Gerencia Refinería de Barrancabermeja fueron:

- I. Información financiera de la empresa.
- II. Certificación de sistemas de gestión HSEQ.
- III. Experiencia en sistemas de dosificación de químicos.
- IV. Capacidad para realizar las actividades relacionadas con el desarrollo de la consultoría.
- V. Equipo mínimo de trabajo de ingenieros especialistas en el tema de tratamientos químicos.

En la tabla 3 se presenta la valoración de los rangos de puntuación financiera para cumplimiento de requisito para las dos empresas.

Tabla 3. Puntuación de la información financiera.

Puntuación por liquidez		Puntuación por endeudamiento		Puntuación por patrimonio	
SI CUMPLE	NO CUMPLE	SI CUMPLE	NO CUMPLE	SI CUMPLE	NO CUMPLE
100	0	100	0	100	0

Fuente: Autora del proyecto

Las empresas a evaluar son las siguientes:

- **OFFICINE MECCANICHE GALLARATESI S.P.A**

a) Puntuación de la Información financiera de la empresa

Dentro de la evaluación de las propuestas de la selección y evaluación de alternativas de sistemas de dosificación de biocidas para el agua de enfriamiento y el agua potable se valoró la capacidad financiera en la tabla 4 de la empresa OFFICINE MECCANICHE GALLARATESI S.P.A que presentó la información, de lo cual se obtuvo el siguiente resultado.

Tabla 4. Puntuación de la Información financiera de la empresa OFFICINE MECCANICHE GALLARATESI S.P.A

EMPRESA	PUNTUACION POR LIQUIDEZ	PUNTUACION POR ENDEUDAMIENTO	PUNTUACION POR PATRIMONIO	PUNTUACION TOTAL
OFFICINE MECCANICHE GALLARATESI S.P.A	100	0	100	200

Fuente: Autora del proyecto

La firma de acuerdo con la información suministrada no demuestra tener capacidad financiera para adelantar procesos de contratación por no cumplir con la capacidad de endeudamiento, de acuerdo a lo establecido en la puntuación de la evaluación de la capacidad financiera.

b) Sistemas de gestión

La firma OFFICINE MECCANICHE GALLARATESI S.P.A posee certificación de los sistemas de gestión de calidad ISO 9001, ISO 14001, vigentes hasta el año 2012.

c) Equipo de trabajo

Se solicitó a la empresa la información sobre el equipo de trabajo con que cuenta y su experiencia en el desarrollo de consultoría y/o ingeniería para la IMPLEMENTACION DE SISTEMAS DE DOSIFICACION DE BIOCIDAS PARA TRATAMIENTOS DE AGUA EN PLANTAS INDUSTRIALES y/o IMPLEMETACIÓN DE PRÁCTICAS SEGURAS EN EL MANEJO DE PROCUCTOS QUÍMICOS PARA TRATAMIENTO DE AGUAS y/o IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE DOSIFICACIÓN y/o MANEJO QUÍMICOS EN UNIDADES DE REFINACIÓN Y/O PETROQUÍMICA.

Tabla 5. Equipo de trabajo de la empresa OFFICINE MECCANICHE GALLARATESI S.P.A

EMPRESA	PROFESION	EXPERIENCIA ESPECIFICA	CANTIDAD	AÑOS DE EXPERIENCIA
OFFICINE MECCANICHE GALLARATESI S.P.A	Ingenieros	Ingenieros especialistas en bombas dosificadoras de químicos.	> 15	12

Fuente: Autora del proyecto

La firma OFFICINE MECCANICHE GALLARATESI S.P.A no especifica los perfiles o ingenieros que se encuentran dentro del equipo de trabajo para la realización de ingenierías y/o consultoría, solo menciona que son ingenieros expertos en bombas dosificadoras de químicos.

d) Capacidad para realizar las actividades relacionadas con el desarrollo de la consultoría.

Se relacionan algunas actividades requeridas en el desarrollo de futuros procesos de contratación de consultorías, por lo cual se requirió que las firmas manifestaran si se encontraban en capacidad de realizarlas, a lo que respondió.

Tabla 6. Verificación de cumplimiento de las actividades relacionadas con el desarrollo de la consultoría de la firma OFFICINE MECCANICHE GALLARATESI S.P.A

ACTIVIDAD A DESARROLLAR	SI	NO
Realizar un estudio en la refinería de Barrancabermeja, que incluya un diagnóstico de las condiciones actuales de seguridad, una valoración cualitativa y cuantitativa de los riesgos existentes y una evaluación de la efectividad del tratamiento y control biológico que se realiza en las torres enfriadoras y en las plantas de agua.		X
Presentar una evaluación comparativa (benchmarking) con industrias petroquímicas o similares de alternativas de mejores prácticas y tecnologías de tratamiento y control de crecimiento biológico en los sistemas de agua de enfriamiento y agua potable.		X
Realizar una evaluación tecno-económica (beneficio- costo) de las alternativas previamente válidas. Esta evaluación debe contener como mínimo el análisis cualitativo y cuantitativo del riesgo, donde se evidencia la reducción con respecto al estudio inicial y el análisis de efectividad y rentabilidad de cada una de las alternativas que permitan una adecuada toma de decisiones.		X
Realizar la ingeniería conceptual de la alternativa seleccionada, cumpliendo con los entregables requeridos conforme al modelo de maduración y gestión de proyectos		X

Fuente: Autora del proyecto

- **CLARIANT (COLOMBIA) S.A**

a) Puntuación de la Información financiera de la empresa

Dentro de la evaluación de las propuestas de la selección y evaluación de alternativas de sistemas de dosificación de biocidas para el agua de enfriamiento y el agua potable se valoró la capacidad financiera en la tabla 7 de la empresa CLARIANT (COLOMBIA) S.A que presentó la información, de lo cual se obtuvo el siguiente resultado tabla 7. Puntuación de la Información financiera de la empresa CLARIANT (COLOMBIA) S.A

Tabla 7. Puntuación de la Información financiera de la empresa CLARIANT (COLOMBIA) S.A

EMPRESA	PUNTUACION POR LIQUIDEZ	PUNTUACION POR ENDEUDAMIENTO	PUNTUACION POR PATRIMONIO	PUNTUACION TOTAL
CLARIANT (COLOMBIA) S.A	100	100	100	300

Fuente: Autora del proyecto

La firma demuestra tener capacidad financiera requerida para adelantar procesos de contratación debido a que cumple con todos los requisitos relacionados con el objeto de la presente.

b) Sistema de gestión

La firma CLARIANT (COLOMBIA) S.A, manifestó poseer certificación de los sistemas de gestión de calidad ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001 pero no están vigentes a la fecha.

c) Equipo de trabajo

Se solicitó a la empresa la información sobre el equipo de trabajo con que cuenta y su experiencia en el desarrollo de consultoría y/o ingeniería para la IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE DOSIFICACIÓN DE BIOCIDAS PARA TRATAMIENTOS DE AGUA EN PLANTAS INDUSTRIALES y/o

IMPLEMENTACIÓN DE PRÁCTICAS SEGURAS EN EL MANEJO DE PRODUCTOS QUÍMICOS PARA TRATAMIENTO DE AGUAS y/o IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE DOSIFICACIÓN y/o MANEJO QUÍMICOS EN UNIDADES DE REFINACIÓN Y/O PETROQUÍMICA.

Tabla 8. Equipo de trabajo de la empresa CLARIANT (COLOMBIA) S.A

EMPRESA	PROFESION	EXPERIENCIA ESPECIFICA	CANTIDAD	AÑOS DE EXPERIENCIA
CLARIANT (COLOMBIA) S.A	Ingeniero químico	Montaje y tratamiento de sistemas de enfriamiento de sistemas de enfriamiento	>6	5
	Ingeniero mecánico	Montaje de equipos con sistemas de cloro	>20	15
	Ingeniero ambiental	Especialista en seguridad HSE	>10	4

Fuente: Autora del proyecto

De acuerdo a la información suministrada por CLARIANT (COLOMBIA) S.A., los equipos de trabajo están conformados por profesionales, pero no cumplen con los requisitos establecidos de experiencia.

d) Capacidad para realizar las actividades relacionadas con el desarrollo de la consultoría

Se relacionan algunas actividades requeridas en el desarrollo de futuros procesos de contratación de consultorías, por lo cual se requirió que la firma manifestará si se encontraban en capacidad de realizar, a lo que respondió.

Tabla 9. Verificación de cumplimiento de las actividades relacionadas con el desarrollo de la consultoría de la firma CLARIANT (COLOMBIA) S.A.

ACTIVIDAD A DESARROLLAR	SI	NO
Realizar un estudio en la refinería de Barrancabermeja, que incluya un diagnóstico de las condiciones actuales de seguridad, una valoración cualitativa y cuantitativa de los riesgos existentes y una evaluación de la efectividad del tratamiento y control biológico que se realiza en las torres enfriadoras y en las plantas de agua.	Si podemos pero también participamos en el tratamiento	
Presentar una evaluación comparativa (benchmarking) con industrias petroquímicas o similares de alternativas de mejores prácticas y tecnologías de tratamiento y control de crecimiento biológico en los sistemas de agua de enfriamiento en torres enfriadoras y agua potable.	Si podemos pero también participamos en el tratamiento	
Realizar una evaluación tecno-económica (beneficio- costo) de las alternativas previamente válidas. Esta evaluación debe contener como mínimo el análisis cualitativo y cuantitativo del riesgo, donde se evidencia la reducción con respecto al estudio inicial y el análisis de efectividad y rentabilidad de cada una de las alternativas que permitan una adecuada toma de decisiones.		No, ya que quieren participar en el tratamiento
Realizar la ingeniería conceptual de la alternativa seleccionada, cumpliendo con los entregables requeridos conforme al modelo de maduración y gestión de proyectos		No, ya que quieren participar en el tratamiento

Fuente: Autora del proyecto

8.3. CONSOLIDADO DE LA INFORMACIÓN DE LOS SISTEMAS DE BIOCIDAS EN EL MERCADO

Luego de analizar la información recibida por parte de las empresas se hace el siguiente cuadro de resumen en la tabla 10.

Tabla 10. Cuadro de resumen de cumplimiento de las firmas presentadas

FIRMAS	CAPACIDAD FINANCIERA	SISTEMAS DE GESTION	EXPERIENCIA REQUERIDA	CAPACIDAD TECNICA	EVALUACION DESEMPEÑO
OFFICINE MECCANICHE GALLARATESI S.P.A	NO CUMPLE	SI	NO	NO	NO TIENE
CLARIANT (COLOMBIA) S.A	SI CUMPLE	NO	NO	NO	NO TIENE

Fuente: Autora del proyecto

De acuerdo a la información analizada y presentada por las empresas, se concluye lo siguiente:

- Dentro de la información presentada de las firmas CLARIANT (COLOMBIA) S.A. y OFFICINE MECCANICHE GALLARATESI S.P.A, éstas no demuestran tener suficiente experiencia en la implementación de sistemas de dosificación de biocidas para tratamientos de aguas en plantas industriales y/o implementación de prácticas seguras en el manejo de productos químicos para tratamiento de aguas y/o implementación de sistemas de dosificación y/o manejo químicos en unidades de refinación y/o petroquímica.
- Por consiguiente y de acuerdo al objetivo que persigue el desarrollo de la validación de empresas en el mercado y dado que no se obtuvo un número considerable de firmas participantes, no se recomendó firmas como posibles

consultoras con el perfil requerido para eventuales procesos de contratación para el desarrollo de la consultoría para la selección y evaluación de alternativas de sistemas de dosificación de biocidas para el agua de enfriamiento y agua potable de la Gerencia refinería Barrancabermeja.

Como ninguna de las firmas cumple los requisitos para realizar la consultoría, se desarrollará la evaluación de cada una de las alternativas propuestas.

9. EVALUACIÓN TÉCNICA DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS

Las alternativas a evaluar técnicamente son:

- **Primera alternativa** - Cloro: Casetas de cloración con sistemas de control de fugas de cloro con sistema de neutralización con soda.
- **Segunda alternativa**- Cloro: Casetas de cloración con sistemas de control de de cloro con sistemas depuradores secos.
- **Tercera alternativa**: Dióxido de cloro in situ.
- **Cuarta alternativa**: Hipoclorito de sodio: Generadores en línea de hipoclorito para producción in situ.
- **Quinta alternativa**: Hipoclorito de sodio: dosificación de hipoclorito comercial en solución.

En la tabla 11 se presenta identificación de factores de sistemas de biocidas de las alternativas a evaluar técnicamente.

Tabla 11. Identificación de factores de sistemas de biocidas de las alternativas a evaluar técnicamente.

IDENTIFICACIÓN DE FACTORES					
	1	2	3	4	5
FACTORES CLAVES	CLORO: CASSETAS DE CLORACIÓN CON SISTEMAS DE CONTROL DE FUGAS DE CLORO CON SISTEMA DE NEUTRALIZACION CON SODA	CLORO: CASSETAS DE CLORACIÓN CON SISTEMAS DE CONTROL DE FUGAS DE CLORO CON SISTEMAS DEPURADORES SECOS	DIÓXIDO DE CLORO IN SITU	HIPOCLORITO DE SODIO: GENERADORES EN LINEA DE HIPOCLORITO PARA PRODUCCION IN SITU	HIPOCLORITO DE SODIO: DOSIFICACION DE HIPOCLORITO COMERCIAL EN SOLUCION
Que factores diferencian a esta alternativa de las demás	1. Riesgos del producto químico utilizado. 2. Necesidades de mantenimiento y altos costos de inversiones los elementos y/o sistemas de seguridad. 3. Inversión necesaria para cumplir parámetros de seguridad 4. Incluye un riesgo adicional al manipular soda para la neutralización	1. Riesgos del producto químico utilizado. 2. Necesidades de mantenimiento y altos costos de inversión de los elementos y/o sistemas de seguridad. 3. Inversión necesaria para cumplir parámetros de seguridad 4. Incluye un riesgo adicional al manipular desechos de alúmina contaminada.	1. Riesgos del producto químicos utilizados como materias primas. 2. Costos del producto. 3. Necesidades de transporte y almacenamientos periódicos de sustancias químicas líquidas peligrosas 4. Tecnología no probada en los sistemas de la refinería.	1. Logística necesaria para la operación diaria (preparación de salmuera). 2. Calidad del agua para la producción. 3. Necesidades de transporte y almacenamientos periódicos de sustancias químicas líquidas peligrosas 4. Tecnología no probada en los sistemas de la refinería. 5. Necesidades de cumplimiento de	1. Riesgos del producto químicos utilizados como biocida. 2. Costos del producto. Altos consumos de producto para la misma dosificación establecida. 3. Necesidades de transporte y almacenamientos periódicos de sustancias químicas líquidas peligrosas 4. Tecnología no probada en los sistemas
Cuál es la proyección de beneficios de cada alternativa	1. Experiencia y desarrollo de competencias para control de riesgo del producto. 2. Bajos costos del producto.	1. Experiencia y desarrollo de competencias para control de riesgo del producto. 2. Bajos costos del producto.	1. Disminución del riesgo. 2. Mejoras en la calidad del agua potable, mejoras en la efectividad del biocida. 3. Sistemas más automatizados que permiten un mejor control, más efectivo de las dosificaciones.	1. Disminución del riesgo.	1. Disminución del riesgo.

IDENTIFICACIÓN DE FACTORES					
	1	2	3	4	5
FACTORES CLAVES	CLORO: CASSETAS DE CLORACIÓN CON SISTEMAS DE CONTROL DE FUGAS DE CLORO CON SISTEMA DE NEUTRALIZACION CON SODA	CLORO: CASSETAS DE CLORACIÓN CON SISTEMAS DE CONTROL DE FUGAS DE CLORO CON SISTEMAS DEPURADORES SECOS	DIÓXIDO DE CLORO IN SITU	HIPOCLORITO DE SODIO: GENERADORES EN LINEA DE HIPOCLORITO PARA PRODUCCION IN SITU	HIPOCLORITO DE SODIO: DOSIFICACION DE HIPOCLORITO COMERCIAL EN SOLUCION
Cuál es la percepción de campo en cuanto a cumplimiento de requerimientos operacionales	1. Requiere desarrollo de competencias y ejecución estricta de los programas de mantenimiento. 2. Implica una planta adicional dentro de la misma planta.	1. Requiere desarrollo de competencias y ejecución estricta de los programas de mantenimiento. 2. Implica un sistema adicional dentro de la misma planta.	1. Requiere seguimiento estricto de la efectividad como biocidas. 2. Requiere el desarrollo de competencias específicas en la aplicación 3. Requiere la ejecución estricta de los programas de mantenimiento.	1. Implica una planta y sistema de preparación, almacenamiento y bombeo de sustancias químicas dentro de la misma planta. Aumenta la mano de obra. 2. Genera necesidades de transporte continuas de sal a cada uno de los 8 puntos de dosificación.	1. Requiere seguimiento estricto de la efectividad como biocidas. 2. Requiere el desarrollo de competencias específicas en la aplicación 3. Requiere la ejecución estricta de los programas de mantenimiento.
Cuáles son las implicaciones a largo plazo de escoger cada alternativa	1. Gestión a una planta adicional: sistema de neutralización de fugas con soda	1. Gestión a una planta adicional: sistema adsorbedor de fugas en seco	1. Gestión a una planta adicional: sistema de generación de dióxido de cloro in situ	1. Gestión a una planta adicional: sistema de generación de hipoclorito de sodio en línea	1. Gestión a un sistema de almacenamiento adicional
Cuáles son los supuestos asociados a cada opción	1. Cumplimiento de programas estrictos de mantenimiento y cuidado básico. 2. Verificación periódica de las condiciones operativas. 3. Entrenamiento y capacitación tanto en la operación, mantenimiento como en el manejo de emergencias.				
Cuáles son las legislaciones, estándares y especificaciones	1. Cumplimiento de normas de calidad del agua potable (THM). 2. Cumplimiento de normas de emisiones permitidas de cloro, o subproductos clorados 3. Cumplimiento de normativas de transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas				

Tabla 12. Evaluación técnica de las alternativas 1 y 2 de sistemas de biocidas para el tratamiento de agua de enfriamiento y potable en la Gerencia Refinería de Barrancabermeja.

EVALUACION TECNICA DE SISTEMAS DE BIOCIDAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA DE ENFRIAMIENTO Y POTABLE EN LA GERENCIA REFINERIA DE BARRANCABERMEJA			
ASPECTOS		1	2
		CLORO: CASSETAS DE CLORACIÓN CON SISTEMAS DE CONTROL DE FUGAS DE CLORO CON SISTEMA DE NEUTRALIZACIÓN CON SODA	CLORO: CASSETAS DE CLORACIÓN CON SISTEMAS DE CONTROL DE FUGAS DE CLORO CON SISTEMAS DEPURADORES SECOS
OPERATIVOS	Descripción del agente biocida	El cloro es un gas color amarillo verdoso, en estado líquido color ámbar, con olor penetrante, ligeramente soluble en agua, 1.5 veces más pesado que el agua y 2.5 veces más pesado que el aire.	El cloro es un gas color amarillo verdoso, en estado líquido color ámbar, con olor penetrante, ligeramente soluble en agua, 1.5 veces más pesado que el agua y 2.5 veces más pesado que el aire.
	Presentación de los productos	Contenedores de 1 tonelada	Contenedores de 1 tonelada
	Materias primas a utilizar	Cloro gaseoso y Soda caustica para la neutralización	Cloro gaseoso y alúmina para el lecho de adsorción
	Condiciones y disponibilidad de las materias primas	El cloro se distribuye en contenedores de 1 tonelada desde la bodega zona B Galán hasta cada uno de las áreas. La soda para el sistema de neutralización se enviaría por tubería desde el cabezal de soda existente en el área	El cloro se distribuye en contenedores de 1 tonelada desde la bodega zona B Galán hasta cada uno de las áreas. La alúmina utilizada en el lecho de adsorción se presenta en esferas.

Mecanismo de acción como biocida	La muerte de los microorganismos se debe a la combinación directa del cloro con las proteínas de las membranas celulares y las enzimas, en presencia de agua desprende oxígeno naciente (O) que oxida la materia orgánica.	La muerte de los microorganismos se debe a la combinación directa del cloro con las proteínas de las membranas celulares y las enzimas, en presencia de agua desprende oxígeno naciente (O) que oxida la materia orgánica.
Reacciones químicas	$\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \text{-----}> \text{HCl} + \text{HClO} \text{ (ácido hipocloroso)}$ $\text{HClO} \text{-----}> \text{HCl} + \text{O} \text{ (oxígeno naciente)}$	$\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \text{-----}> \text{HCl} + \text{HClO} \text{ (ácido hipocloroso)}$ $\text{HClO} \text{-----}> \text{HCl} + \text{O} \text{ (oxígeno naciente)}$
Efectividad del tratamiento como biocida	En los Estados Unidos, más de 98% de los sistemas de abastecimiento que desinfectan el agua potable usan cloro debido a su potencia germicida, economía y eficiencia. Además, Los desinfectantes basados en cloro son los únicos desinfectantes principales con las propiedades residuales duraderas que previenen el recrecimiento microbiano y proporcionan protección continua durante la distribución de la planta de tratamiento al hogar.	
Afectación con el pH	Es efectivo en un rango entre 4 y 7	Es efectivo en un rango entre 4 y 7
Compatibilidad con el tratamiento actual	Hace parte del tratamiento actual en torres enfriadoras y la planta de agua potable.	Hace parte del tratamiento actual en torres enfriadoras y la planta de agua potable.
Beneficios y/o mejoras en el tratamiento químico actual	No afectara el tratamiento químico actual, solo es una adición de seguridad	No afectara el tratamiento químico actual, solo es una adición de seguridad

TECNOLOGICOS	Descripción de la tecnología a utilizar	<p>Para el tratamiento microbiológico del agua se realiza una adición de una solución clorada de acuerdo a la dosis y a los caudales específicos de cada planta. Para ello se solubiliza cloro gaseoso en una corriente de agua y se inyecta en un punto específico de cada planta para garantizar la mezcla con la corriente a desinfectar u oxidar.</p> <p>El sistema más confiable para la dosificación de cloro es mediante la generación de vacío, el cual se realiza por medio de un eyector alimentado por una corriente de agua, con un caudal y presión suficiente para vencer las contrapresiones en los puntos de aplicación. Este no sólo sirve como fluido motriz sino como medio solubilizante.</p> <p>EL SISTEMA DE NEUTRALIZACION DE FUGAS DE CLORO: La detección de fugas de gas en la zona de almacenamiento de cilindros y en el cuarto de cloración. Dar alarma sonora y/o visual según la gravedad de la fuga. La recolección y transporte de estos gases mediante ventiladores a una torre lavadora de gases en donde se propicia la absorción de este gas en una solución de soda cáustica.</p>	<p>Para el tratamiento microbiológico del agua se realiza una adición de una solución clorada de acuerdo a la dosis y a los caudales específicos de cada planta. Para ello se solubiliza cloro gaseoso en una corriente de agua y se inyecta en un punto específico de cada planta para garantizar la mezcla con la corriente a desinfectar u oxidar.</p> <p>El sistema más confiable para la dosificación de cloro es mediante la generación de vacío, el cual se realiza por medio de un eyector alimentado por una corriente de agua, con un caudal y presión suficiente para vencer las contrapresiones en los puntos de aplicación. Este no sólo sirve como fluido motriz sino como medio solubilizante.</p> <p>EL SISTEMA DE ADSORCIÓN DE FUGAS DE CLORO: Son sistemas secos adsorbedores de escapes de fugas de cloro gaseoso. El sistema consta básicamente de un ventilador y una torre cilíndrica de FRP que contiene un lecho de esferas de alúmina de 1/8" de diámetro. El ventilador produce un vacío en la sala de contención y extrae el aire cargado de gases de cloro desde arriba de la torre, el lecho de alúmina reacciona con el gas reduciendo la concentración en la descarga del adsorbedor</p>
	Equipos adicionales a utilizar	<p>Sistema de almacenamiento de solución neutralizante (Soda). Sistema de Captación de fugas (extractores, ventiladores, ductos, etc.). Sistema de Recirculación de Solución de Soda Cáustica. Sistema de distribución de agua clorada para el proceso.</p>	<p>Sistema de almacenamiento de alúmina nueva y gastada Sistema de Captación de fugas (extractores, ventiladores, ductos, etc.) Sistema de distribución de agua clorada para el proceso.</p>

Facilidades para la dosificación	Incluye gran cantidad de componentes de tubería, accesorios, válvulas e instrumentos, entre los que se destacan: Reguladores de vacío, válvulas angulares, globo, no retorno, tuberías de cobre, empaques de plomo, prensas, nipes de conexión, filtros, medidores de presión, tuberías flexibles y en PVC, cloradores, eyectores, rotámetros.	Incluye gran cantidad de componentes de tubería, accesorios, válvulas e instrumentos, entre los que se destacan: Reguladores de vacío, válvulas angulares, globo, no retorno, tuberías de cobre, empaques de plomo, prensas, nipes de conexión, filtros, medidores de presión, tuberías flexibles y en PVC, cloradores, eyectores, rotámetros.
Disponibilidad y Confiabilidad de la tecnología (cantidad de equipos principales y disponibles para asegurar la operación)	Debido a la gran cantidad de componentes de tubería, accesorios, válvulas e instrumentos la confiabilidad de todo el sistema es baja. Los sistemas de cloración y generación de vacío cuentan con buena confiabilidad. Todos los componentes se utilizan actualmente y están en proceso de catalogación con tiempos de entrega cortos. Para el caso de la torre lavadora con soda, la confiabilidad está determinada por la adecuada selección inicial de los materiales a utilizar en todo el sistema. No se cuenta con experiencia en esta aplicación en la refinería.	Debido a la gran cantidad de componentes de tubería, accesorios, válvulas e instrumentos la confiabilidad de todo el sistema es baja. Los sistemas de cloración y generación de vacío cuentan con buena confiabilidad. Todos los componentes se utilizan actualmente y están en proceso de catalogación con tiempos de entrega cortos. Para el caso de la torre lavadora con soda, la confiabilidad está determinada por la adecuada selección inicial de los materiales a utilizar en todo el sistema. No se cuenta con experiencia en esta aplicación en la refinería, pero se cuenta con información de esta aplicación en VIT (campo 23, el Centro).
Aplicación en industrias similares	Acueductos municipales, termoeléctricas, plantas de tratamiento de agua para cualquier aplicación	Acueductos municipales, termoeléctricas, plantas de tratamiento de agua para cualquier aplicación
Permisos y licencias necesarios	Cumplimiento de la reglamentación de transporte de sustancias químicas peligrosas: decreto 1609 de junio de 2002.	Cumplimiento de la reglamentación de transporte de sustancias químicas peligrosas: decreto 1609 de junio de 2002. Manejo de alúmina gastada
Nivel de automatización y control.	Demasiados componentes que deben ser organizados y estructurados para lograr un nivel de adecuado de automatización	Demasiados componentes que deben ser organizados y estructurados para lograr un nivel de adecuado de automatización

MECANICOS	Requerimientos de servicios industriales.	Energía eléctrica para ventiladores, bombas, dampers. Energía de control para los sistemas de control y monitoreo de dosificación, vacio y neutralización de fugas de cloro. Suministro de aire de instrumentos Suministro de agua suavizada para la solución neutralizante.	Energía eléctrica para ventiladores, dampers. Energía de control para los sistemas de control y monitoreo de dosificación, vacio y neutralización de fugas de cloro. Suministro de aire de instrumentos.
	Requerimiento de espacio para sistemas y equipos principales	Tomando como promedio el almacenamiento de 3 contenedores, las casetas de cloración incluyendo todo el sistema de dosificación, monitoreo y control y detección de fugas de cloro requiere un área aproximada de: $6*5 = 30$ m ² para la caseta. Para el sistema de neutralización de fugas de cloro con capacidad de 1 ton, se requiere un área externa a la caseta aproximadamente de: $5*5=25$ m ²	Tomando como promedio el almacenamiento de 3 contenedores, las casetas de cloración incluyendo todo el sistema de dosificación, monitoreo y control y detección de fugas de cloro requiere un área aproximada de: $6*5 = 30$ m ² para la caseta. Para el sistema de neutralización de fugas de cloro con capacidad de 1 ton, se requiere un área externa a la caseta aproximadamente de: $5*4=20$ m ²
	Requerimientos para almacenamiento de productos químicos	Se requiere adecuar espacio para almacenamiento de soda	Se requiere adecuar espacio para almacenamiento de alúmina
	Requerimientos de espacio para elementos y sistemas de seguridad	Se requiere espacio para guardar elementos de protección personal: Trajes Hazmat tipo B, botas, mascararas, gafas, guantes, etc. Equipos de aire auto contenido Kit B de herramientas para fugas de cloro.	Se requiere espacio para guardar elementos de protección personal: Trajes Hazmat tipo B, botas, mascararas, gafas, guantes, etc. Equipos de aire auto contenido Kit B de herramientas para fugas de cloro.

	<p>Condiciones de mantenimiento</p>	<p>Se requiere realizar mantenimiento a:</p> <p>Al sistema de almacenamiento (soportes), manejo de contenedores (puente grúa, polipasto)</p> <p>Al Sistema de pesaje de Contenedores (basculas)</p> <p>A todo el Sistema de dosificación de cloro gaseoso y de solución clorada (tubing, manifold, prensas, válvulas, reguladores, accesorios, etc.)</p> <p>Sistema de vacío para cloro gaseoso (eyectores, tubería, filtros, válvulas, etc.)</p> <p>Sistema de monitoreo y control de fugas de Cloro gaseoso (sensores, displays, alarmas, cornetas, sirenas, etc.)</p> <p>Sistema de Neutralización de fugas de cloro gaseoso (lecho de soda, torre lavadora)</p> <p>Sistema de almacenamiento de solución neutralizante (tanque de soda, líneas, tuberías, válvulas, accesorios, etc.)</p> <p>Sistema de Captación de fugas (extractores, ventiladores, ductos, etc.)</p> <p>Sistema de Recirculación de Solución de Soda Cáustica (bombas, tuberías, accesorios).</p> <p>Sistema de distribución de agua clorada para el proceso (tuberías, accesorios).</p>	<p>Se requiere realizar mantenimiento a:</p> <p>Al sistema de almacenamiento (soportes), manejo de contenedores (puente grúa, polipasto)</p> <p>Al Sistema de pesaje de Contenedores (basculas)</p> <p>A todo el Sistema de dosificación de cloro gaseoso y de solución clorada (tubing, manifold, prensas, válvulas, reguladores, accesorios, etc.)</p> <p>Sistema de vacío para cloro gaseoso (eyectores, tubería, filtros, válvulas, etc.)</p> <p>Sistema de monitoreo y control de fugas de Cloro gaseoso (sensores, displays, alarmas, cornetas, sirenas, etc.)</p> <p>Sistema de Neutralización de fugas de cloro gaseoso (lecho de alúmina)</p> <p>Sistema de Captación de fugas (extractores, ventiladores, ductos, etc.)</p> <p>Sistema de distribución de agua clorada para el proceso (tuberías, accesorios).</p>
	<p>Condiciones de transporte</p>	<p>Permanentemente se requiere transportar contenedores de cloro desde zona B Galán hacia cada uno de los 8 puntos de dosificación de cloro y devolver contenedores vacíos a Zona B Galán.</p> <p>Se requiere habilitar facilidad de tubería para llevar soda caustica desde planta de soda hacia cada uno de los puntos de dosificación de cloro: esta actividad no es permanente, solo cuando se requiere recuperar la soda gastada por una fuga de cloro.</p>	<p>Permanentemente se requiere transportar contenedores de cloro desde zona B Galán hacia cada uno de los 8 puntos de dosificación de cloro y devolver contenedores vacíos a Zona B Galán.</p> <p>Se requiere transportar lechos de alúmina desde bodega de materiales hacia cada uno de los puntos de dosificación de cloro: esta actividad no es permanente, solo cuando se requiere recuperar el lecho de alúmina gastada por una fuga de cloro.</p>

PROVEEDORES	Proveedores disponibles de la tecnología	Sistemas de dosificación de cloro: Severn Trent Sistemas de neutralización de fugas con soda: Severn Trent, Tepsa	Sistemas de dosificación de cloro: Severn Trent Sistemas de control de fugas en seco: Severn Trent
	Proveedores disponibles de los productos químicos	BRINSA S.A.: Cloro gaseoso, Soda caustica	BRINSA S.A.: Cloro gaseoso Alúmina: Severn Trent, proveedor actual de alúmina GRB
	Soporte y asistencia técnica	Serviclora Severn Trent Tepsa	Serviclora Severn Trent Tepsa
	Experiencia con la tecnología	La mayoría de los acueductos municipales en Colombia cuentan con este tipo de sistemas de neutralización de fugas de cloro con soda, tanto de proveedores nacionales como internacionales.	Se conoce de la experiencia de esta aplicación en el sistema de cloración de Campo 23 en VIT
	Experiencia en el alcance total del proyecto	Las firmas proveedoras de estos sistemas, tienen la capacidad y experiencia en la ejecución completa de este tipo de proyectos de sistemas de cloración con sistemas de neutralización de fugas de cloro con soda.	Las firmas proveedoras de estos sistemas, tienen la capacidad y experiencia en la ejecución completa de este tipo de proyectos de sistemas de cloración con sistemas de neutralización de fugas de cloro con soda.
	Experiencia con actualizaciones de la tecnología	Las firmas proveedoras de estos sistemas mantienen actualizando sus productos.	Las firmas proveedoras de estos sistemas mantienen actualizando sus productos.

Fuente: Autora del proyecto

Tabla 13. Evaluación técnica de las alternativas 3, 4 y 5 de sistemas de biocidas para el tratamiento de agua de enfriamiento y potable en la Gerencia Refinería de Barrancabermeja.

ASPECTOS		3	4	5
		DIÓXIDO DE CLORO IN SITU	HIPOCLORITO DE SODIO: GENERADORES EN LÍNEA DE HIPOCLORITO PARA PRODUCCIÓN IN SITU	HIPOCLORITO DE SODIO: DOSIFICACIÓN DE HIPOCLORITO COMERCIAL EN SOLUCIÓN
OPERATIVOS	Descripción del agente biocida	El dióxido de cloro es un gas de color verde amarillento, estable y sumamente soluble en agua hasta alcanzar concentraciones de 2%.	La producción electroquímica in-situ de soluciones de Hipoclorito de Sodio diluido ha sido reconocida como una opción viable en circunstancias en que no se requiere un largo periodo de almacenamiento de la solución.	La actividad bactericida del hipoclorito de sodio se debe al ácido hipocloroso (HClO) y al Cl ₂ que se forman cuando el hipoclorito es diluido en agua.
	Presentación de los productos	El dióxido de cloro se produce in situ.	El hipoclorito (NaOCl) se produce in situ y se almacena líquido a concentraciones inferiores al 0,8%.	El hipoclorito (NaOCl) comercial se almacena líquido a concentraciones entre el 12 y 15%.
	Materias primas a utilizar	- Clorito Sódico (NaClO ₂) y Acido Clorhídrico (HCl) en el caso de los generadores por vía ácido, mediante la siguiente reacción química: $5\text{NaClO}_2 + 4\text{HCl} \rightarrow 4\text{ClO}_2 + 5\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O}$ (en medido acuoso)	Sal (NaCl), energía eléctrica y agua suavizada/desmineralizada, mediante la siguiente reacción química: $2\text{Cl}^- \rightarrow \text{Cl}_2 + 2\text{e}^-$ $\text{Cl}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{HClO} + \text{Cl}^- + \text{H}^+$ $\text{HClO} \rightarrow \text{ClO}^- + \text{H}^+$ $2\text{H}_2\text{O} + \text{e}^- \rightarrow 2\text{OH}^- + \text{H}_2$	Hipoclorito comercial líquido a concentraciones entre el 12 y 15%
	Condiciones y disponibilidad de las materias primas	El Clorito Sódico (NaClO ₂) y Acido Clorhídrico (HCl) se presentan como líquidos almacenados en tanques. El Clorito sódico es un producto importado.	La sal viene empacada en bultos de 25 kg cada uno	El hipoclorito (NaOCl) comercial se distribuye en estado líquido.

Mecanismo de acción biocida como	Durante la oxidación de la materia orgánica, el dióxido de cloro se reduce al ión clorito. Es precisamente el clorito y también los cloratos los más importantes	La actividad bactericida del hipoclorito de sodio se debe al ácido hipocloroso (HClO) y al Cl ₂ que se forman cuando el hipoclorito es diluido en agua.	La actividad bactericida del hipoclorito de sodio se debe al ácido hipocloroso (HClO) y al Cl ₂ que se forman cuando el hipoclorito es diluido en agua.
Reacciones químicas	$2\text{ClO}_2 + 2\text{OH}^- \rightleftharpoons \text{ClO}_2^- + \text{ClO}_3^- + \text{H}_2\text{O}$	$\text{NaClO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Na}^+ + \text{ClO}^- + \text{HClO} + \text{OH}^-$	$\text{NaClO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{Na}^+ + \text{ClO}^- + \text{HClO} + \text{OH}^-$
Efectividad del tratamiento como biocida	<p>Tiene un gran efecto en el control del sabor y el olor, así como para destruir sustancias orgánicas que proporcionan color o que son precursoras de trihalometanos (THM). Por ello, se aplica especialmente cuando las aguas crudas contienen altas concentraciones de precursores, que con la cloración tradicional darían lugar a la formación de subproductos de la desinfección (SPD).</p> <p>El agua de recirculación en las torres enfriadoras tiende a absorber amoníaco y compuestos orgánicos nitrogenados del aire ambiente.</p>	Hipoclorito de sodio que es activo sobre todas las bacterias, incluyendo esporas, y además es efectivo en un amplio rango de temperaturas.	Hipoclorito de sodio que es activo sobre todas las bacterias, incluyendo esporas, y además es efectivo en un amplio rango de temperaturas.
Afectación con el pH	Su eficacia biocida en un amplio rango de pH que va de 3 a 10 (mejor de 4 a 9).		

TECNOLÓGICOS	Descripción de la tecnología a utilizar	<p>En los generadores automáticos, el volumen de reactivos y la cantidad de dióxido generada se control mediante las bombas dosificadoras de desplazamiento positivo de las materias primas. En el interior del generador se encuentran las torres de mezclas en las cuales los reactivos dosificados con la cantidad de agua necesaria para que la reacción sea óptima para la generación de dióxido de cloro y de esta manera obtener el mejor rendimiento. La solución de dióxido de cloro generada fluye en vacío hasta el eyector, desde donde se envía al punto de dosificación.</p>	<p>Los sistemas están instalados sobre un skid o patín, y consisten de celda(s) electrolítica(s), fuentes de poder/ rectificador, panel de control/PLC, suavizador o ablandador de agua, tanque de salmuera, bomba proporcionadora de salmuera, tanque diario de producto, bomba dosificadora, control de nivel por ultrasonido, soplador para diluir el nitrógeno, y un enfriador/calentador de agua opcional, todo bajo un diseño compacto para facilitar una sencilla instalación y fácil arranque. Los sistemas instalados sobre patín o skid son completamente operacionales y producen hipoclorito en menos de un día.</p>	<p>Dosificación de hipoclorito comercial desde un tanque de almacenamiento hacia el sistema.</p>
	Equipos necesarios para la tecnología	<p>Sistema de bombas dosificadoras de desplazamiento positivo de materias primas al generador. Sistema de generación (reactor) de dióxido de cloro. Sistema de monitoreo y control de la generación de dióxido de cloro. Sistema de análisis químico y dosificación de dióxido de cloro al proceso.</p>	<p>Sistema de bombas dosificadores de salmuera a reactor de generación de hipoclorito. Sistema de generación (generador) de hipoclorito Sistema de monitoreo y control de la generación de hipoclorito de sodio Sistema de análisis químico y dosificación de hipoclorito de sodio al proceso.</p>	<p>Sistema de almacenamiento de hipoclorito comercial Sistema de bombas dosificadores de solución de hipoclorito al proceso. Sistema de análisis químico y dosificación de hipoclorito de sodio al proceso.</p>

Equipos adicionales utilizar	Sistema de almacenamiento de clorito de sodio Sistema de almacenamiento de ácido clorhídrico. Sistema de distribución de agua con dióxido para el proceso.	Sistema de almacenamiento de sal. Sistema de preparación y almacenamiento de salmuera. Sistema rectificador de corriente eléctrica para el generador.	
Facilidades para la dosificación	Básicamente requiere las bombas dosificadoras de materias primas, el reactor, tuberías de conducción, instrumentos de flujo y presión y analizador en línea.	Requiere una gran cantidad de componentes de tubería, válvulas, instrumentos para la adecuación de la materia prima entrada al reactor, adicional a los sistemas de bombeo y el rectificador de corriente.	Requiere componentes de tubería, instrumentos, válvulas y accesorios para la dosificación desde el tanque de almacenamiento hacia el proceso, adicional a las bombas y el tanque.
Disponibilidad y Confiabilidad de la tecnología (cantidad de equipos principales y disponibles para asegurar la operación)	El sistema de reacción y dosificación funciona como un paquete montado sobre un skid, la confiabilidad está determinada por el cumplimiento estricto de las acciones de mantenimiento especializado que requieren este tipo de sistemas.	Debido a la gran cantidad de componentes que tiene el sistema de preparación de salmuera y distribución del producto la confiabilidad es baja. El generador es una tecnología nueva, no conocida ni probada en aplicaciones similares.	El nivel de confiabilidad está enfocado básicamente a los componentes de tubería, accesorios, válvulas para la operación de las bombas y el tanque.
Aplicación en industrias similares	Torres enfriadoras en refinerías en Venezuela, México, Brasil. Industria cervecera, producción agua potable privada.	Acueductos privados en zonas residenciales en EEUU	Acueductos municipales, centros recreacionales en piscinas.
Permisos y	Cumplimiento de la	Cumplimiento de la	Cumplimiento de la

	licencias necesarios	reglamentación de transporte de sustancias químicas peligrosas: decreto 1609 de junio de 2002. Permiso de estupefacientes para el ácido clorhídrico	reglamentación de transporte de sustancias químicas peligrosas: decreto 1609 de junio de 2002.	reglamentación de transporte de sustancias químicas peligrosas: decreto 1609 de junio de 2002.
	Nivel de automatización y control.	El sistema está estructurado como un skid compacto que involucra todos los componentes, se requiere asegurar los adecuados niveles de automatización en el almacenamiento de las materias primas.	El sistema está estructurado como un skid compacto que solo involucra el generador, se requiere asegurar los adecuados niveles de automatización en la preparación y almacenamiento de las materias primas y producto.	El sistema está estructurado como una serie de equipos sin ningún nivel de automatización, se requiere asegurar la estructura para la correcta operación de todo el sistema.
M E C A N I C O S	Requerimientos de servicios industriales.	Energía eléctrica para bombas y reactor. Energía de control para los sistemas de control y monitoreo de la generación de dióxido de cloro. Suministro de aire de instrumentos.	Energía eléctrica para bombas y generador. Energía de control para los sistemas de control y monitoreo de la generación de hipoclorito. Suministro de aire de instrumentos.	Energía eléctrica para bombas. Energía de control para los sistemas de monitoreo. Suministro de aire de instrumentos.
	Requerimiento de espacio para sistemas y equipos principales	Para la instalación del reactor, el sistema de control y monitoreo y bombas dosificadoras se requiere una caseta ventilada y protegida del ambiente no mayor a 15m ² .	Para la instalación del generador, el rectificador de corriente, el sistema de control y monitoreo se requiere una caseta ventilada y protegida del ambiente no mayor a 20 m ² .	

Requerimientos para almacenamiento de productos químicos	Se requiere espacio para almacenamiento de clorito de sodio y ácido clorhídrico	Se requiere espacio para: Almacenamiento de bultos de sal Tanque preparación de salmuera Tanque almacenamiento de hipoclorito de sodio generado.	Se requiere espacio para tanque y bombas de hipoclorito de sodio.
Requerimientos de espacio para elementos y sistemas de seguridad	Se requiere espacio para guardar elementos de protección personal: Trajes para manejo de sustancias químicas, botas, mascararas, gafas, guantes, etc. Kit de manejo de derrames de sustancias químicas.	Se requiere espacio para guardar elementos de protección personal: Trajes para manejo de sustancias químicas, botas, mascararas, gafas, guantes, etc. Kit de manejo de derrames de sustancias químicas	Se requiere espacio para guardar elementos de protección personal: Trajes para manejo de sustancias químicas, botas, mascararas, gafas, guantes, etc. Kit de manejo de derrames de sustancias químicas
Condiciones de mantenimiento	Se requiere realizar mantenimiento a: Sistema de bombas dosificadoras de desplazamiento positivo de materias primas al generador. Sistema de generación (reactor) de dióxido de cloro. Sistema de monitoreo y control de la generación de dióxido de cloro. Sistema de análisis químico y dosificación de dióxido de cloro al proceso: cambio de reactivos, calibración, cambio y limpieza de sensores. Sistema de almacenamiento de clorito de sodio: instrumentos, bombas de trasiego, diques,	Se requiere realizar mantenimiento a: Sistema de bombas dosificadores de salmuera a reactor de generación de hipoclorito. Sistema de generación (generador) de hipoclorito Sistema de monitoreo y control de la generación de hipoclorito de sodio Sistema de análisis químico y dosificación de hipoclorito de sodio al proceso: cambio de reactivos, calibración y limpieza Sistema de almacenamiento de sal (estructura). Sistema de preparación y almacenamiento de salmuera: bombas de trasiego, diques,	Se requiere realizar mantenimiento a: Sistema de almacenamiento de hipoclorito comercial: dique, instrumentos, válvulas, accesorios Sistema de bombas dosificadores de solución de hipoclorito al proceso. Sistema de análisis químico y dosificación de hipoclorito de sodio al proceso: cambio de reactivos, calibración, etc.

	<p>venteos, etc. Sistema de almacenamiento de ácido clorhídrico: instrumentos, bombas de trasiego, diques, venteos, etc. Sistema de distribución de agua con dióxido para el proceso: tuberías, accesorios, instrumentos, válvulas, etc.</p>	<p>instrumentos, venteos, drenajes, etc. Sistema rectificador de corriente eléctrica para el generador. Sistema de almacenamiento de hipoclorito generado: bombas de trasiego, diques, instrumentos, venteos, drenajes, etc. Sistema de distribución de agua clorada (hipoclorito) al proceso: tuberías, accesorios, instrumentos, válvulas, etc.</p>	
Condiciones de transporte	<p>Permanentemente se requiere transportar en carro tanques ácido clorhídrico y clorito de sodio hacia cada uno de los 8 puntos de dosificación de dióxido de cloro.</p>	<p>Permanentemente se requiere transportar bultos de sal desde la bodega hacia cada uno de los 8 puntos de dosificación de dióxido de cloro. Se requiere habilitar facilidades de tubería para llevar agua suavizada/desmineralizada desde la planta de agua o el punto más cercano a cada uno de los 9 puntos de dosificación de hipoclorito de sodio.</p>	<p>Permanentemente se requiere transportar en carro tanques con hipoclorito comercial hacia cada uno de los 8 puntos de dosificación de dióxido de cloro.</p>

PROVEEDORES	Proveedores disponibles de la tecnología	Sistemas de generación de dióxido de cloro: Severn Trent , Grundfos-Alldos, Prominent	Sistemas de generación de hipoclorito de sodio en línea: Severn Trent	
	Proveedores disponibles de los productos químicos	BRINSA S.A.: Acido Clorhídrico Clorito de sodio: Dupont, Clariant, Nalco	Sal: Brinsa, Nalco, PQP.	Hipoclorito de sodio comercial: Brinsa.
	Soporte y asistencia técnica	Severn Trent	Severn Trent	Serviclora
	Experiencia con la tecnología	Se tiene información de referencia de aplicación de esta tecnología en torres enfriadoras en la industria de fertilizantes en Venezuela y en refinerías en México, Brasil, por parte de las firmas de tratamiento químico (Clariant, Nalco) Industria cervecera, producción agua potable privada.	Se tiene información de referencia de aplicación de esta tecnología en acueductos y plantas de agua privadas de ciudades, parques recreacionales, hoteles, grandes edificios, en Estados Unidos, por parte de las firmas proveedoras de tecnología. (Severn trent). Industria cervecera, producción agua potable privada.	Se tiene información de referencia de aplicación de esta tecnología en pequeños acueductos y plantas de agua, parques recreacionales, hoteles, piscina en Colombia, por parte de las firmas proveedoras de materias primas y tratamientos químicos. (Clariant, Nalco, Brinsa). Industria cervecera, producción agua potable privada.
	Experiencia en el alcance total del proyecto	Las firmas proveedoras de estos sistemas, tienen la capacidad y experiencia en la ejecución completa de este tipo de proyectos de sistemas de biocidas.	Las firmas proveedoras de estos sistemas, tienen la capacidad y experiencia en la ejecución completa de este tipo de proyectos de sistemas de biocidas.	Las firmas proveedoras de estos sistemas, tienen la capacidad y experiencia en la ejecución completa de este tipo de proyectos de sistemas de biocidas.
	Experiencia con actualizaciones de la tecnología	Las firmas proveedoras de estos sistemas mantienen actualizando sus productos.	Las firmas proveedoras de estos sistemas mantienen actualizando sus productos.	Las firmas proveedoras de estos sistemas mantienen actualizando sus productos.

Fuente: Autora del proyecto

De acuerdo a la evaluación técnica presentada anteriormente en las tablas 12 y 13 todas las alternativas son viables técnicamente, teniendo en cuenta que cumplen con los aspectos:

- Operativos: Facilidad de manejo, especificaciones del producto.
- Tecnológicos: Grados de comercialización, riesgos de la tecnología, tipo de licenciamiento, tiempo de implementación.
- Proveedores: Soporte técnico, experiencia con la tecnología, suministro de químicos.
- Mecánicos: Facilidad de actualización de la tecnología, Confiabilidad de la tecnología, Facilidad de mantenimiento, Requerimientos de instalación, Requerimientos de espacio, Capacidad, Eficiencia del equipo.

Adicional, todas las alternativas cumplen con las condiciones de seguridad para el manejo de biocidas en cada una de las áreas de dosificación, la zona de almacenamiento y el transporte teniendo en cuenta las normas aplicables en el manejo de biocida, a través de esquemas de monitoreo y control adecuados para cada sistema y aplicación; de igual manera, todas las alternativas cumplen con las normas de calidad para la producción del agua potable y el agua de enfriamiento, las normas de emisiones permitidas de cloro, o subproductos clorados y con el cumplimiento de normativas de transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.

10. EVALUACIÓN FINANCIERA DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS DE SISTEMAS DE BIOCIDAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA DE ENFRIAMIENTO Y POTABLE EN LA GERENCIA REFINERÍA DE BARRANCABERMEJA.

Debido a que las cinco alternativas evaluadas técnicamente son viables, la evaluación financiera se realizó para definir la mejor dentro de las alternativas propuestas.

Para la evaluación financiera se tomó como referencia el formato con código ECP-DPY-F-015 de evaluación financiera de proyectos requeridos para operar de Ecopetrol. De la misma manera se evaluó cada alternativa riesgo sin el proyecto (perdidas de costos sin proyecto) y el riesgo con proyecto nuevo.

Los criterios de la evaluación financiera para verificar si el proyecto es viable o no son:

- Factor J^2 : Como criterio para la evaluar financieramente proyectos que son requeridos para operar, de esta manera, la valoración de riesgo en términos de dinero antes del proyecto, valor del riesgo después del proyecto, y el costo de la inversión, factor mayor a 1 y menor a 3 proyecto viable, factor menor a 1 no es viable el proyecto.
- Riesgo de la alternativa.
- La relación beneficio/ costo.
- El análisis de sensibilidad positivo y el análisis de sensibilidad negativo.
- Análisis de sensibilidad crítico.

² Factor J: Factor utilizado en Ecopetrol como criterio para la evaluar financieramente proyectos que son requeridos para operar: Valoración de riesgo en términos de dinero antes del proyecto, valor del riesgo después del proyecto, y el costo de la inversión, factor > 1 y < 3 viable proyecto, factor < 1 no es viable el proyecto.

Para el proceso de decisión se utilizó la Matriz de Evaluación de Riesgos (RAM) ver figura 6, revisando de manera específica la probabilidad de la consecuencia.

Figura 6. Matriz de Evaluación de riesgos (RAM)

CONSECUENCIAS POTENCIALES				PROBABILIDAD					
Personas	Económica (en dólares)	Ambiental	Imagen de la Empresa	No ha ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en ECOPETROL	Sucede varias veces por año en Ecopetrol	Sucede varias veces por año en el distrito	
A	B	C	D	E					
Una o más fatalidades	Catastrófica > 10 Millones	Masivo	Internacional	5	M	M	H	H	VH
Incapacidad permanente parcial o total	Grave 1-10 millones	Mayor	Nacional	4	L	M	M	H	H
Incapacidad temp. > 1 día	Severo 100 mil - 1 millón	Localizado	Regional	3	N	L	M	M	H
Lesión menor no incapacidad	Importante 10 mil-100 mil	Menor	Local	2	N	N	L	L	M
Lesión leve primeros auxilios	Marginal < 10 mil	Leve	Interna	1	N	N	N	L	L
Ninguna lesión	Ninguna	Ningún efecto	Ningún impacto	0	N	N	N	N	N

10.1 BASES DE CÁLCULO PARA LA EVALUACIÓN FINANCIERA DE LA ALTERNATIVA 1.

De acuerdo al formato de evaluación financiera se tomó como referencia cada flujo de caja y se les asignó los respectivos valores para proyectarlos dependiendo de la duración de los equipos propuestos.

- Para el flujo de caja de la máxima probabilidad de ocurrencia, la probabilidad fue guiada por la matriz RAM.
- La estimación de costos se realizó con un rango de +/-30%.
- Los costos se estimaron de la evaluación de propuestas presentadas por las empresas.

- Para el flujo de caja contemplado como otras pérdidas se tomó referencia la afectación a personas en caso de un escape de cloro que conllevaría a la muerte de una persona, se tomó referencia según la valoración de consecuencias potenciales (5) y la probabilidad ha ocurrido en Ecopetrol C:
- Valoración RAM 5: C= H, consecuencias económicas > KUSD 10.000.

CONSECUENCIAS POTENCIALES				PROBABILIDAD					
Personas	Económica (en dólares)	Ambiental	Imagen de la Empresa	No ha ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en la Industria	Ha ocurrido en ECOPETROL	Sucede varias veces por año en Ecopetrol	Sucede varias veces por año en el distrito	
				A	B	C	D	E	
Una o más fatalidades	Catastrófica > 10 Millones	Mayor	Internacional	5	M	M	H	H	VH
Incapacidad permanente parcial o total	Grave 1-10 millones	Mayor	Nacional	4	L	M	M	H	H
Incapacidad temp. > 1 día	Severo 100 mil - 1 millón	Localizado	Regional	3	N	L	M	M	H
Lesión menor no incapacidad	Importante 10 mil - 100 mil	Menor	Local	2	N	N	L	L	M
Lesión leve primeros auxilios	Marginal < 10 mil	Leve	Interna	1	N	N	N	L	L
Ninguna lesión	Ninguna	Ningún efecto	Ningún impacto	0	N	N	N	N	N

Tabla 14. Base de cálculo de alternativa 1: casetas de cloración con control de fugas de cloro con sistema de neutralización con soda

ALTERNATIVA 1		
CLORO: CASSETAS DE CLORACIÓN CON SISTEMAS DE CONTROL DE FUGAS DE CLORO CON SISTEMA DE NEUTRALIZACIÓN CON SODA		
TASA DE DESCUENTO (Ecopetrol)		12,2%
RIESGO BASE		Beneficios Económicos en KUSD
Pérdidas y Costos sin Proyecto	Explicación del calculo	Valor
Perdidas por disponibilidad y confiabilidad		
Perdidas por infraestructura		
Perdidas por energía		
Otras pérdidas	Afectación de personas H	\$ 10.000

Pérdidas Brutas (por equipo y falla)		\$ 10.000
Máxima probabilidad de ocurrencia		60%
Pérdidas brutas *probabilidad de ocurrencia		\$ 6.000
Costos de mantenimiento	Costos de mantenimiento de sistemas actuales de la refinería de dosificación y seguridad con cloro	16,20
Costos de operación	Costo de las materias primas de los sistemas de dosificación de cloro en un año	\$ 282
Costos de disposición		
Costos de parada		
Costos ambientales		
Otros Costos		
RIESGO CON PROYECTO		Inversiones en KUSD
Inversión, Pérdidas y Costos con Proyecto		Valor
		0
Diseño (Consultoría)	Valor estimado del 10% del costo de compras de la inversión total del sistema de biocida	\$ 201
Compras (Global para la actividad)	Costo compra de equipos totales de sistemas de biocidas	\$ 2.010
Montaje (Global para la actividad)	Valor estimado del 50% del costo de compras	\$ 1.005
Interventoría	Valor estimado del 7% del costo total	\$ 141
AIU		
Bruto (Global para la actividad)		\$ 3.357
Costo inicial de compra (Inversión inicial)		
Costos de mantenimiento	Costos de mantenimiento del sistema completo incluyendo el sistema de manejo de fugas de cloro	\$ 76
Costos de operación	Costo de materia prima	\$ 282
Otras pérdidas	Afectación de personas L	\$ 1.000
Pérdidas Brutas (por equipo y falla)		\$ 1.000
FLUJO DE CAJA		\$ 4.715

Fuente: Autora del proyecto

Tabla 15. Evaluación financiera de alternativa 1: casetas de cloración con control de fugas de cloro con sistema de neutralización con soda.

CLORO: CASSETAS DE CLORACIÓN CON SISTEMAS DE CONTROL DE FUGAS DE CLORO CON SISTEMA DE NEUTRALIZACIÓN CON SODA																					
Pérdidas y Costos sin Proyecto	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Perdidas por disponibilidad y confiabilidad																					
Perdidas por infraestructura																					
Perdidas por energía																					
Otras pérdidas	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000
Perdidas Brutas (por equipo y falla)	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000
Máxima probabilidad de ocurrencia	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%
Perdidas brutas *probabilidad de ocurrencia	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000
Costos de mantenimiento	\$ 16,20	\$ 16,85	\$ 17,52	\$ 18	\$ 19	\$ 20	\$ 20	\$ 21	\$ 22	\$ 23	\$ 24	\$ 25	\$ 26	\$ 27	\$ 28	\$ 29	\$ 30	\$ 32	\$ 33	\$ 34	\$ 35
Costos de operación	\$ 282	\$ 294	\$ 306	\$ 318	\$ 330	\$ 344	\$ 357	\$ 372	\$ 387	\$ 402	\$ 418	\$ 435	\$ 452	\$ 470	\$ 489	\$ 509	\$ 529	\$ 550	\$ 572	\$ 595	\$ 619
Costos de disposición																					
Costos de parada																					
Costos ambientales																					
Otros Costos																					
Flujo de caja	\$ 6,299	\$ 6,311	\$ 6,323	\$ 6,336	\$ 6,349	\$ 6,363	\$ 6,378	\$ 6,393	\$ 6,409	\$ 6,425	\$ 6,442	\$ 6,460	\$ 6,478	\$ 6,497	\$ 6,517	\$ 6,538	\$ 6,559	\$ 6,582	\$ 6,605	\$ 6,629	\$ 6,654
Flujo de caja con declinación	\$ 6,299	\$ 6,311	\$ 6,323	\$ 6,336	\$ 6,349	\$ 6,363	\$ 6,378	\$ 6,393	\$ 6,409	\$ 6,425	\$ 6,442	\$ 6,460	\$ 6,478	\$ 6,497	\$ 6,517	\$ 6,538	\$ 6,559	\$ 6,582	\$ 6,605	\$ 6,629	\$ 6,654
Declinación Anual de producción (porcentaje)	0%																				
VPN Total Riesgo base sin Declinación	\$ 53,517																				
VPN Total riesgo base con Declinación	\$ 53,517																				
VPN Riesgo base	\$ 53,517																				

RIESGO CON PROYECTO	Inversiones en KUSD																				
	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Inversión, Pérdidas y Costos con Proyecto	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Diseño (Consultoría)		\$ 101	\$ 90	\$ 20	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Compras (Global para la actividad)		\$ 603	\$ 804	\$ 603																	
Montaje (Global para la actividad)			\$ 503	\$ 503																	
Interventoría		\$ 42	\$ 42	\$ 42	\$ 14																
AIU	\$ 0																				
Bruto (Global para la actividad)	\$ 0	\$ 746	\$ 1,429	\$ 1,168	\$ 14	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	
Costo inicial de compra (Inversión inicial)	\$ 2,636																				
Costos de mantenimiento	\$ 16,20	\$ 16,85	\$ 17,52	\$ 18	\$ 19	\$ 20	\$ 20	\$ 21	\$ 22	\$ 23	\$ 24	\$ 25	\$ 26	\$ 27	\$ 28	\$ 29	\$ 30	\$ 32	\$ 33	\$ 34	\$ 35
Costos de operación	\$ 282	\$ 294	\$ 306	\$ 318	\$ 330	\$ 344	\$ 357	\$ 372	\$ 387	\$ 402	\$ 418	\$ 435	\$ 452	\$ 470	\$ 489	\$ 509	\$ 529	\$ 550	\$ 572	\$ 595	\$ 619
Costos de disposición	\$ 0																				
Costos de parada	\$ 0																				
Costos ambientales	\$ 0																				
Otros Costos	\$ 0																				
Perdidas por disponibilidad y confiabilidad	\$ 0																				
Perdidas por infraestructura	\$ 0																				
Perdidas por energía	\$ 0																				
Otras pérdidas	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000
Perdidas Brutas (por equipo y falla)	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000
FLUJO DE CAJA	\$ 1,299	\$ 2,056	\$ 2,752	\$ 2,562	\$ 1,424	\$ 1,426	\$ 1,443	\$ 1,461	\$ 1,479	\$ 1,498	\$ 1,518	\$ 1,539	\$ 1,561	\$ 1,583	\$ 1,606	\$ 1,631	\$ 1,656	\$ 1,682	\$ 1,709	\$ 1,738	\$ 1,767
VPN del Riesgo con proyecto	\$ 14,687																				

10.2. BASES DE CÁLCULO PARA LA EVALUACIÓN FINANCIERA DE LA ALTERNATIVA 2.

Tabla 16. Base de cálculo de alternativa 2: casetas de cloración con sistemas de control de fugas de cloro con sistemas de adsorción con alúmina.

Alternativa 2. CLORO: CASETAS DE CLORACIÓN CON SISTEMAS DE CONTROL DE FUGAS DE CLORO CON SISTEMAS DE ADSORCION CON ALUMINA		
TASA DE DESCUENTO		12,2%
RIESGO BASE		Beneficios Económicos en KUSD
Pérdidas y Costos sin Proyecto	Explicación del calculo	Valor
Perdidas por disponibilidad y confiabilidad		
Perdidas por infraestructura		
Perdidas por energía		
Otras pérdidas	Afectación de personas H	\$ 10.000
Pérdidas Brutas (por equipo y falla)		\$ 10.000
Máxima probabilidad de ocurrencia		60%
Pérdidas brutas *probabilidad de ocurrencia		\$ 6.000
Costos de mantenimiento	Costos de mantenimiento de sistemas actuales de dosificación y seguridad con cloro	\$ 16
Costos de operación	Costo de las materias primas en un año	\$ 282
Costos de disposición		
Costos de parada		
Costos ambientales		
Otros Costos		

RIESGO CON PROYECTO		Inversiones en KUSD
Inversión, Pérdidas y Costos con Proyecto		Valor
		0
Diseño (Consultoría)	Valor estimado del 10% del costo de compras	\$ 219
Compras (Global para la actividad)	Costo compra de equipos totales	\$ 2.190
Montaje (Global para la actividad)	Valor estimado del 50% del costo de compras	\$ 1.095
Interventoría	Valor estimado del 7% del costo total	\$ 153
AIU		
Bruto (Global para la actividad)		\$ 3.657
Costo inicial de compra (Inversión inicial)		
Costos de mantenimiento	Costos de mantenimiento del sistema completo	\$ 83
Costos de operación	Costo de materia prima	\$ 282
Costos de disposición		
Costos de parada		
Costos ambientales		
Otros Costos		
Perdidas por disponibilidad y confiabilidad		
Perdidas por infraestructura		
Perdidas por energía		
Otras pérdidas	Afectación de personas L	\$ 1.000
Pérdidas Brutas (por equipo y falla)		\$ 1.000
FLUJO DE CAJA		\$ 5.023

Fuente: Autora del proyecto

Tabla 17. Evaluación financiera de alternativa 2: casetas de cloración con sistemas de control de fuga de cloro con sistemas de adsorción con alúmina.

Pérdidas y Costos sin Proyecto	CLORO:																				
	CASETAS DE CLORACIÓN CON SISTEMAS DE CONTROL DE FUGAS DE CLORO CON SISTEMAS DEPURADORES SECOS																				
	2011 0	2012 1	2013 2	2014 3	2015 4	2016 5	2017 6	2018 7	2019 8	2020 9	2021 10	2022 11	2023 12	2024 13	2025 14	2026 15	2027 16	2028 17	2029 18	2030 19	2031 20
Perdidas por disponibilidad y confiabilidad	\$ 0																				
Perdidas por infraestructura	\$ 0																				
Perdidas por energía	\$ 0																				
Otras pérdidas	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000
Perdidas Brutas (por equipo y falla)	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000
Máxima probabilidad de ocurrencia	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%
Perdidas brutas *probabilidad de ocurrencia	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000
Costos de mantenimiento	\$ 16,20	\$ 16,85	\$ 17,52	\$ 18	\$ 19	\$ 20	\$ 20	\$ 21	\$ 22	\$ 23	\$ 24	\$ 25	\$ 26	\$ 27	\$ 28	\$ 29	\$ 30	\$ 32	\$ 33	\$ 34	\$ 35
Costos de operación	\$ 282	\$ 294	\$ 306	\$ 318	\$ 330	\$ 344	\$ 357	\$ 372	\$ 387	\$ 402	\$ 418	\$ 435	\$ 452	\$ 470	\$ 489	\$ 509	\$ 529	\$ 550	\$ 572	\$ 595	\$ 619
Costos de disposición	\$ 0																				
Costos de parada	\$ 0																				
Costos ambientales	\$ 0																				
Otros Costos	\$ 0																				
Flujo de caja	\$ 6,299	\$ 6,311	\$ 6,323	\$ 6,336	\$ 6,349	\$ 6,363	\$ 6,378	\$ 6,393	\$ 6,409	\$ 6,425	\$ 6,442	\$ 6,460	\$ 6,478	\$ 6,497	\$ 6,517	\$ 6,538	\$ 6,559	\$ 6,582	\$ 6,605	\$ 6,629	\$ 6,654
Flujo de caja con declinación	\$ 6,299	\$ 6,311	\$ 6,323	\$ 6,336	\$ 6,349	\$ 6,363	\$ 6,378	\$ 6,393	\$ 6,409	\$ 6,425	\$ 6,442	\$ 6,460	\$ 6,478	\$ 6,497	\$ 6,517	\$ 6,538	\$ 6,559	\$ 6,582	\$ 6,605	\$ 6,629	\$ 6,654
Declinación Anual de producción (porcentaje)	0%																				
YPN Total Riesgo base sin Declinación	\$ 53,517																				
YPN Total riesgo base con Declinación	\$ 53,517																				
YPN Riesgo base	\$ 53,517																				
RIESGO CON PROYECTO																					
Inversión, Pérdidas y Costos con Proyecto	2011 0	2012 1	2013 2	2014 3	2015 4	2016 5	2017 6	2018 7	2019 8	2020 9	2021 10	2019 11	2020 12	2021 13	2022 14	2023 15	2024 16	2025 17	2026 18	2027 19	2028 20
Diseño (Consultoría)		\$ 110	\$ 88	\$ 22																	
Compras (Global para la actividad)		\$ 657	\$ 876	\$ 657																	
Montaje (Global para la actividad)			\$ 548	\$ 548																	
Interventoría		\$ 46	\$ 46	\$ 46	\$ 15																
AIU																					
Bruto (Global para la actividad)	\$ 0	\$ 892	\$ 1557	\$ 1272	\$ 15	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Costo inicial de compra (Inversión inicial)	\$ 2,872																				
Costos de mantenimiento	\$ 16,20	\$ 16,85	\$ 17,52	\$ 18	\$ 19	\$ 20	\$ 20	\$ 21	\$ 22	\$ 23	\$ 24	\$ 25	\$ 26	\$ 27	\$ 28	\$ 29	\$ 30	\$ 32	\$ 33	\$ 34	\$ 35
Costos de operación	\$ 282	\$ 294	\$ 306	\$ 318	\$ 330	\$ 344	\$ 357	\$ 372	\$ 387	\$ 402	\$ 418	\$ 435	\$ 452	\$ 470	\$ 489	\$ 509	\$ 529	\$ 550	\$ 572	\$ 595	\$ 619
Costos de disposición	\$ 0																				
Costos de parada	\$ 0																				
Costos ambientales	\$ 0																				
Otros Costos	\$ 0																				
Perdidas por disponibilidad y confiabilidad	\$ 0																				
Perdidas por infraestructura	\$ 0																				
Perdidas por energía	\$ 0																				
Otras pérdidas	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000
Perdidas Brutas (por equipo y falla)	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000
FLUJO DE CAJA	\$ 1,299	\$ 2,123	\$ 2,880	\$ 2,674	\$ 1,433	\$ 1,434	\$ 1,451	\$ 1,469	\$ 1,488	\$ 1,508	\$ 1,528	\$ 1,549	\$ 1,571	\$ 1,594	\$ 1,618	\$ 1,642	\$ 1,668	\$ 1,695	\$ 1,722	\$ 1,751	\$ 1,781
VPN del Riesgo con proyecto	\$ 14,375																				

10.3. BASES DE CÁLCULO PARA LA EVALUACIÓN FINANCIERA DE LA ALTERNATIVA 3.

Tabla 18. Base de cálculo de alternativa 3. Producir In Situ Dióxido de cloro.

ALTERNATIVA 3		
DIÓXIDO DE CLORO IN SITU		
TASA DE DESCUENTO (Ecopetrol)		12,2%
RIESGO BASE		Beneficios Económicos en KUSD
Pérdidas y Costos sin Proyecto	Explicación del calculo	Valor
Perdidas por disponibilidad y confiabilidad		
Perdidas por infraestructura		
Perdidas por energía		
Otras pérdidas	Afectación de personas H	\$ 10.000
Pérdidas Brutas (por equipo y falla)		\$ 10.000
Máxima probabilidad de ocurrencia		60%
Pérdidas brutas *probabilidad de ocurrencia		\$ 6.000
Costos de mantenimiento	Costos de mantenimiento de sistemas actuales de dosificación y seguridad con cloro	\$ 16
Costos de operación	Costo de las materias primas en un año	\$ 282
Costos de disposición		
Costos de parada		
Costos ambientales		

Otros Costos		
RIESGO CON PROYECTO		Inversiones en KUSD
Inversión, Pérdidas y Costos con Proyecto		Valor
		0
Diseño (Consultoría)	Valor estimado del 10% del costo de compras	\$ 111
Compras (Global para la actividad)	Costo compra de equipos totales	\$ 1.113
Montaje (Global para la actividad)	Valor estimado del 50% del costo de compras	\$ 557
Interventoría	Valor estimado del 7% del costo total	\$ 78
AIU		
Bruto (Global para la actividad)		\$ 1.859
Costo inicial de compra (Inversión inicial)		
Costos de mantenimiento		\$ 46
Costos de operación	Costo de materia prima	\$ 1.280
Costos de disposición		
Costos de parada		
Costos ambientales		
Otros Costos		
Pérdidas por disponibilidad y confiabilidad		
Pérdidas por infraestructura		
Pérdidas por energía		
Otras pérdidas	Afectación de personas M	\$ 2.000
Pérdidas Brutas (por equipo y falla)		\$ 2.000
FLUJO DE CAJA		\$ 5.185

Fuente: Autora del proyecto

Tabla 19. Evaluación financiera de alternativa 3. Producir In Situ Dióxido de cloro

		ALTERNATIVA 3																			
		DIÓXIDO DE CLORO IN SITU																			
Pérdidas y Costos sin Proyecto	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Perdidas por disponibilidad y confiabilidad	\$ 0																				
Perdidas por infraestructura	\$ 0																				
Perdidas por energía	\$ 0																				
Otras pérdidas	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000
Perdidas Brutas (por equipo y falla)	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000
Máxima probabilidad de ocurrencia	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%
Perdidas brutas * probabilidad de ocurrencia	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000
Costos de mantenimiento	\$ 16,20	\$ 16,85	\$ 17,52	\$ 18,22	\$ 18,95	\$ 19,71	\$ 20,5	\$ 21,3	\$ 22,2	\$ 23,1	\$ 24,0	\$ 24,9	\$ 25,9	\$ 27,0	\$ 28,1	\$ 29,2	\$ 30,3	\$ 31,6	\$ 32,8	\$ 34,1	\$ 35,5
Costos de operación	\$ 282	\$ 294	\$ 306	\$ 318	\$ 330	\$ 344	\$ 357	\$ 372	\$ 387	\$ 402	\$ 418	\$ 435	\$ 452	\$ 470	\$ 489	\$ 509	\$ 529	\$ 550	\$ 572	\$ 595	\$ 619
Costos de disposición	\$ 0																				
Costos de parada	\$ 0																				
Costos ambientales	\$ 0																				
Otros Costos	\$ 0																				
Flujo de caja	\$ 6,299	\$ 6,311	\$ 6,323	\$ 6,336	\$ 6,349	\$ 6,363	\$ 6,378	\$ 6,393	\$ 6,409	\$ 6,425	\$ 6,442	\$ 6,460	\$ 6,478	\$ 6,497	\$ 6,517	\$ 6,538	\$ 6,559	\$ 6,582	\$ 6,605	\$ 6,629	\$ 6,654
Flujo de caja con declinación	\$ 6,299	\$ 6,311	\$ 6,323	\$ 6,336	\$ 6,349	\$ 6,363	\$ 6,378	\$ 6,393	\$ 6,409	\$ 6,425	\$ 6,442	\$ 6,460	\$ 6,478	\$ 6,497	\$ 6,517	\$ 6,538	\$ 6,559	\$ 6,582	\$ 6,605	\$ 6,629	\$ 6,654
Declinación Anual de producción (porcentaje)	0%																				
VPN Total Riesgo base sin Declinación	\$ 53,517																				
VPN Total riesgo base con Declinación	\$ 53,517																				
VPN Riesgo base	\$ 53,517																				
RIESGO CON PROYECTO																					
		Inversiones en KUSO																			
Inversión, Pérdidas y Costos con Proyecto	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Diseño (Consultoría)		\$ 56	\$ 45	\$ 11																	
Compras (Global para la actividad)		\$ 334	\$ 445	\$ 334																	
Montaje (Global para la actividad)			\$ 278	\$ 278																	
Interventoría		\$ 23	\$ 23	\$ 23	\$ 8																
AIU																					
Bruto (Global para la actividad)	\$ 0	\$ 413	\$ 791	\$ 647	\$ 8	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Costo inicial de compra (Inversión inicial)	\$ 1,459																				
Costos de mantenimiento	\$ 16,20	\$ 16,85	\$ 17,52	\$ 46	\$ 48	\$ 49	\$ 51	\$ 54	\$ 56	\$ 58	\$ 60	\$ 63	\$ 65	\$ 68	\$ 70	\$ 73	\$ 76	\$ 79	\$ 82	\$ 86	\$ 89
Costos de operación	\$ 282	\$ 294	\$ 306	\$ 1,280	\$ 1,331	\$ 1,385	\$ 1,440	\$ 1,498	\$ 1,557	\$ 1,620	\$ 1,685	\$ 1,752	\$ 1,822	\$ 1,895	\$ 1,971	\$ 2,050	\$ 2,131	\$ 2,217	\$ 2,305	\$ 2,398	\$ 2,494
Costos de disposición																					
Costos de parada																					
Costos ambientales																					
Otros Costos																					
Perdidas por disponibilidad y confiabilidad																					
Perdidas por infraestructura																					
Perdidas por energía																					
Otras pérdidas	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000
Pérdidas Brutas (por equipo y falla)	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000	\$ 2,000
FLUJO DE CAJA	\$ 2,299	\$ 2,724	\$ 3,114	\$ 3,973	\$ 3,387	\$ 3,434	\$ 3,491	\$ 3,551	\$ 3,613	\$ 3,678	\$ 3,745	\$ 3,815	\$ 3,887	\$ 3,963	\$ 4,041	\$ 4,123	\$ 4,208	\$ 4,296	\$ 4,388	\$ 4,483	\$ 4,583
VPN del Riesgo con proyecto	\$ 28,613																				

10.4. BASES DE CÁLCULO PARA LA EVALUACIÓN FINANCIERA DE LA ALTERNATIVA 4.

Tabla 20. Base de cálculo de la alternativa 4. Hipoclorito de sodio: generadores en línea de hipoclorito para producción in situ.

Alternativa 4: HIPOCLORITO DE SODIO: GENERADORES EN LÍNEA DE HIPOCLORITO PARA PRODUCCIÓN IN SITU		
TASA DE DESCUENTO (Ecopetrol)		12,2%
FASE DEL PROYECTO		2
RIESGO BASE		Beneficios Económicos en KUSD
Pérdidas y Costos sin Proyecto	Explicación del calculo	Valor
Perdidas por disponibilidad y confiabilidad		
Perdidas por infraestructura		
Perdidas por energía		
Otras pérdidas	Afectación de personas H	\$ 10.000
Pérdidas Brutas (por equipo y falla)		\$ 10.000
Máxima probabilidad de ocurrencia		60%
Pérdidas brutas *probabilidad de ocurrencia		\$ 6.000
Costos de mantenimiento	Costos de mantenimiento de sistemas actuales de dosificación y seguridad con cloro	\$ 16
Costos de operación	Costo de las materias primas en un año	\$ 282

Costos de disposición		
Costos de parada		
Costos ambientales		
Otros Costos		
RIESGO CON PROYECTO		Inversiones en KUSD
Inversión, Pérdidas y Costos con Proyecto		Valor
		0
Diseño (Consultoría)	Valor estimado del 10% del costo de compras	\$ 289
Compras (Global para la actividad)	Costo compra de equipos totales	\$ 2.892
Montaje (Global para la actividad)	Valor estimado del 50% del costo de compras	\$ 1.446
Interventoría	Valor estimado del 7% del costo total	\$ 202
AIU		
Bruto (Global para la actividad)		\$ 4.829
Costo inicial de compra (Inversión inicial)		
Costos de mantenimiento		\$ 113.982
Costos de operación	Costo de materia prima	\$ 906.087
Costos de disposición		
Costos de parada		
Costos ambientales		
Otros Costos		
Perdidas por disponibilidad y confiabilidad		
Perdidas por infraestructura		
Perdidas por energía		
Otras pérdidas	Afectación de personas L	\$ 1.000
Pérdidas Brutas (por equipo y falla)		\$ 1.000
FLUJO DE CAJA		\$ 1.025.897

Fuente: Autora del proyecto

Tabla 21. Evaluación financiera de alternativa 4. Producir In Situ Dióxido de cloro.

ALTERNATIVA 4																					
HIPOCLORITO DE SODIO: GENERADORES EN LÍNEA DE HIPOCLORITO PARA PRODUCCIÓN IN SITU																					
Pérdidas y Costos sin Proyecto	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Perdidas por disponibilidad y confiabilidad	\$ 0																				
Perdidas por infraestructura	\$ 0																				
Perdidas por energía	\$ 0																				
Otras pérdidas	\$ 10,000	\$ 10,000.0	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000
Perdidas Brutas (por equipo y falla)	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000
Máxima probabilidad de ocurrencia	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%
Perdidas brutas * probabilidad de ocurrencia	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000
Costos de mantenimiento	\$ 16.20	\$ 16.85	\$ 17.52	\$ 18.22	\$ 18.95	\$ 19.71	\$ 20.50	\$ 21.32	\$ 22.17	\$ 23.06	\$ 23.98	\$ 24.94	\$ 25.94	\$ 26.97	\$ 28.05	\$ 29.18	\$ 30.34	\$ 31.56	\$ 32.82	\$ 34.13	\$ 35.50
Costos de operación	\$ 282	\$ 294	\$ 306	\$ 318	\$ 330	\$ 344	\$ 357	\$ 372	\$ 387	\$ 402	\$ 418	\$ 435	\$ 452	\$ 470	\$ 489	\$ 509	\$ 529	\$ 550	\$ 572	\$ 595	\$ 619
Costos de disposición	\$ 0																				
Costos de parada	\$ 0																				
Costos ambientales	\$ 0																				
Otros Costos	\$ 0																				
Flujo de caja	\$ 6,293	\$ 6,311	\$ 6,323	\$ 6,336	\$ 6,349	\$ 6,363	\$ 6,378	\$ 6,393	\$ 6,409	\$ 6,425	\$ 6,442	\$ 6,460	\$ 6,478	\$ 6,497	\$ 6,517	\$ 6,538	\$ 6,559	\$ 6,582	\$ 6,605	\$ 6,629	\$ 6,654
Flujo de caja con declinación	\$ 6,293	\$ 6,311	\$ 6,323	\$ 6,336	\$ 6,349	\$ 6,363	\$ 6,378	\$ 6,393	\$ 6,409	\$ 6,425	\$ 6,442	\$ 6,460	\$ 6,478	\$ 6,497	\$ 6,517	\$ 6,538	\$ 6,559	\$ 6,582	\$ 6,605	\$ 6,629	\$ 6,654
Declinación Anual de producción (porcentaje)	0%																				
VPN Total Riesgo base sin Declinación	\$ 53,517																				
VPN Total riesgo base con Declinación	\$ 53,517																				
VPN Riesgo base	\$ 53,517																				
RIESGO CON PROYECTO																					
Inversión, Pérdidas y Costos con Proyecto																					
Diseño (Consultoría)		\$ 145	\$ 116	\$ 29																	
Compras (Global para la actividad)		\$ 867	\$ 1,157	\$ 867																	
Montaje (Global para la actividad)			\$ 723	\$ 723																	
Interventoría		\$ 61	\$ 61	\$ 61	\$ 0																
AIU																					
Bruto (Global para la actividad)	\$ 0	\$ 1,073	\$ 2,056	\$ 1,680	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Costo inicial de compra (Inversión inicial)	\$ 3,779																				
Costos de mantenimiento	\$ 16.20	\$ 16.85	\$ 17.52	\$ 113,982	\$ 118,541	\$ 123,282	\$ 128,214	\$ 133,342	\$ 138,676	\$ 144,223	\$ 149,992	\$ 155,992	\$ 162,231	\$ 168,721	\$ 175,469	\$ 182,488	\$ 189,788	\$ 197,379	\$ 205,274	\$ 213,485	\$ 222,025
Costos de operación	\$ 282	\$ 294	\$ 306	\$ 306,087	\$ 342,330	\$ 380,023	\$ 419,224	\$ 459,933	\$ 502,283	\$ 546,489	\$ 592,348	\$ 640,042	\$ 689,644	\$ 741,230	\$ 794,879	\$ 850,674	\$ 909,701	\$ 972,049	\$ 1,038,806	\$ 1,110,084	\$ 1,185,961
Costos de disposición																					
Costos de parada																					
Costos ambientales																					
Otros Costos																					
Perdidas por disponibilidad y confiabilidad																					
Perdidas por infraestructura																					
Perdidas por energía																					
Otras pérdidas	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000
Perdidas Brutas (por equipo y falla)	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000
FLUJO DE CAJA	\$ 1,293	\$ 2,383	\$ 3,379	\$ 1,022,748	\$ 1,061,871	\$ 1,104,306	\$ 1,148,438	\$ 1,194,336	\$ 1,242,069	\$ 1,291,712	\$ 1,343,340	\$ 1,397,034	\$ 1,452,875	\$ 1,510,950	\$ 1,571,348	\$ 1,634,162	\$ 1,699,489	\$ 1,767,428	\$ 1,838,086	\$ 1,911,569	\$ 1,987,932
VPN del Riesgo con proyecto	\$ 7,373,727																				

10.5. BASES DE CÁLCULO PARA LA EVALUACIÓN FINANCIERA DE LA ALTERNATIVA 5.

Tabla 22. Base de cálculo de alternativa 5. Hipoclorito de sodio: dosificación de hipoclorito comercial en solución.

HIPOCLORITO DE SODIO: DOSIFICACIÓN DE HIPOCLORITO COMERCIAL EN SOLUCIÓN		
TASA DE DESCUENTO (Ecopetrol)		12,2%
RIESGO BASE		Beneficios Económicos en KUSD
Pérdidas y Costos sin Proyecto	Explicación del calculo	Valor
Perdidas por disponibilidad y confiabilidad		
Perdidas por infraestructura		
Perdidas por energía		
Otras pérdidas	Afectación de personas H	\$ 10.000
Pérdidas Brutas (por equipo y falla)		\$ 10.000
Máxima probabilidad de ocurrencia		60%
Pérdidas brutas *probabilidad de ocurrencia		\$ 6.000
Costos de mantenimiento	Costos de mantenimiento de sistemas actuales de dosificación y seguridad con cloro	\$ 16
Costos de operación	Costo de las materias primas en un año	\$ 282

Costos de disposición		
Costos de parada		
Costos ambientales		
Otros Costos		
RIESGO CON PROYECTO		Inversiones en KUSD
Inversión, Pérdidas y Costos con Proyecto		Valor
		0
Diseño (Consultoría)	Valor estimado del 10% del costo de compras	\$ 111
Compras (Global para la actividad)	Costo compra de equipos totales	\$ 1.106
Montaje (Global para la actividad)	Valor estimado del 50% del costo de compras	\$ 553
Interventoría	Valor estimado del 7% del costo total	\$ 77
AIU		
Bruto (Global para la actividad)		\$ 1.847
Costo inicial de compra (Inversión inicial)		
Costos de mantenimiento		\$ 48.960
Costos de operación	Costo de materia prima	\$ 787.494
Costos de disposición		
Costos de parada		
Costos ambientales		
Otros Costos		
Perdidas por disponibilidad y confiabilidad		
Perdidas por infraestructura		
Perdidas por energía		
Otras pérdidas	Afectación de personas L	\$ 1.000
Pérdidas Brutas (por equipo y falla)		\$ 1.000
FLUJO DE CAJA		\$ 839.301

Fuente: Autora del proyecto

Tabla 23. Evaluación financiera de alternativa 5. Hipoclorito de sodio: dosificación de hipoclorito comercial en solución

Pérdidas y Costos sin Proyecto	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Perdidas por disponibilidad y confiabilidad	\$ 0													
Perdidas por infraestructura	\$ 0													
Perdidas por energía	\$ 0													
Otras pérdidas	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000
Perdidas Brutas (por equipo y falla)	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000	\$ 10,000
Máxima probabilidad de ocurrencia	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%
Perdidas brutas *probabilidad de ocurrencia	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000	\$ 6,000
Costos de mantenimiento	\$ 16,20	\$ 16,85	\$ 17,52	\$ 18,22	\$ 18,95	\$ 19,71	\$ 20,50	\$ 21,32	\$ 22,17	\$ 23,06	\$ 23,98	\$ 24,94	\$ 25,94	\$ 26,97
Costos de operación	\$ 282	\$ 294	\$ 306	\$ 318	\$ 330	\$ 344	\$ 357	\$ 372	\$ 387	\$ 402	\$ 418	\$ 435	\$ 452	\$ 470
Costos de disposición														
Costos de parada														
Costos ambientales														
Otros Costos														
Flujo de caja	\$ 6,299	\$ 6,311	\$ 6,323	\$ 6,336	\$ 6,349	\$ 6,363	\$ 6,378	\$ 6,393	\$ 6,409	\$ 6,425	\$ 6,442	\$ 6,460	\$ 6,478	\$ 6,497
Flujo de caja con depreciación	\$ 6,299	\$ 6,311	\$ 6,323	\$ 6,336	\$ 6,349	\$ 6,363	\$ 6,378	\$ 6,393	\$ 6,409	\$ 6,425	\$ 6,442	\$ 6,460	\$ 6,478	\$ 6,497
Declaración Anual de producción (porcentaje)	0%													
VPN Total Riesgo base sin Declaración	\$ 53,517													
VPN Total riesgo base con Declaración	\$ 53,517													
VPN Riesgo base	\$ 53,517													
RIESGO CON PROYECTO														
	Inversiones en KUSD													
Inversión, Pérdidas y Costos con Proyecto	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2019	2020	2021
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Diseño (Consultoría)		\$ 55	\$ 44	\$ 11										
Compras (Global para la actividad)		\$ 332	\$ 442	\$ 332										
Montaje (Global para la actividad)			\$ 277	\$ 277										
Interventoría		\$ 23	\$ 23	\$ 23	\$ 8									
AIU														
Bruto (Global para la actividad)	\$ 0	\$ 410	\$ 786	\$ 643	\$ 8	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0	\$ 0
Costo inicial de compra (Inversión inicial)	\$ 1,450													
Costos de mantenimiento	\$ 16,20	\$ 16,85	\$ 17,52	\$ 48,960	\$ 50,918	\$ 52,955	\$ 55,073	\$ 57,276	\$ 59,567	\$ 61,950	\$ 64,428	\$ 67,005	\$ 69,685	\$ 72,473
Costos de operación	\$ 282,48	\$ 293,78	\$ 305,54	\$ 787,494	\$ 818,993	\$ 851,753	\$ 885,823	\$ 921,256	\$ 958,106	\$ 996,431	\$ 1,036,288	\$ 1,077,739	\$ 1,120,849	\$ 1,165,683
Costos de disposición														
Costos de parada														
Costos ambientales														
Otros Costos														
Perdidas por disponibilidad y confiabilidad														
Perdidas por infraestructura														
Perdidas por energía														
Otras pérdidas	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000
Pérdidas Brutas (por equipo y falla)	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000	\$ 1,000
FLUJO DE CAJA	\$ 1,299	\$ 1,721	\$ 2,109	\$ 838,096	\$ 870,920	\$ 905,708	\$ 941,897	\$ 979,533	\$ 1,018,674	\$ 1,059,381	\$ 1,101,716	\$ 1,145,745	\$ 1,191,534	\$ 1,239,156
VPN del Riesgo con proyecto	\$ 6,046,448													

10.6. RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN FINANCIERA DE LAS ALTERNATIVAS PROPUESTAS

Debido a que el proyecto no es una inversión para la empresa por lo que no va a obtener un retorno a la inversión, al contrario, está enfocado a un proyecto requerido para operar; la evaluación financiera se realizará teniendo en cuenta: Relación Beneficio – Costo y el Factor J³.

Primera Alternativa - Cloro: Casetas de cloración con sistemas de control de fugas de cloro con sistema de neutralización con soda

Tabla 24. Resultados en términos del valor J y relación beneficio/ costo. De la primera alternativa.

Riesgo Base	53.517
Riesgo Alternativa (KUSD)	14.687
VPN Inversión Alternativa (KUSD)	2.636
VPN Costos de O&M (KUSD)	3.675
Relación Beneficio/Costo	14,73
Análisis de Sensibilidad +	11,33
Análisis de Sensibilidad -	18,42
Análisis de Sensibilidad Critico	1373%

	base	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Riesgo base	\$ 6.298,68	\$ 5.624,45	\$ 5.022,75	\$ 4.485,75	\$ 4.006,48	\$ 3.578,69	\$ 3.196,85	\$ 2.856,00	\$ 2.551,71	\$ 2.280,06	\$ 2.037,51	\$ 1.820,95	\$ 1.627,57	\$ 1.454,88	\$ 1.300,66	\$ 1.162,91
Riesgo con proyecto	\$ 1.298,68	\$ 1.832,75	\$ 2.186,20	\$ 1.813,68	\$ 898,41	\$ 802,02	\$ 723,36	\$ 652,62	\$ 589,00	\$ 531,76	\$ 480,25	\$ 433,87	\$ 392,11	\$ 354,50	\$ 320,61	\$ 290,06
Análisis incremental	\$ 5.000,00	\$ 3.791,70	\$ 2.836,55	\$ 2.672,07	\$ 3.108,07	\$ 2.776,67	\$ 2.473,49	\$ 2.203,38	\$ 1.962,71	\$ 1.748,30	\$ 1.557,27	\$ 1.387,08	\$ 1.235,46	\$ 1.100,38	\$ 980,05	\$ 872,85
Valor presente neto del análisis incremental	\$ 35.706,03															
FACTOR J	2,7															
R1 (valor del riesgo antes del proyecto)	\$ 10.000															
R2 (Valor del riesgo después del	\$ 1.000															
Inversión:	\$ 3.357															

³ Factor J: Factor utilizado en Ecopetrol como criterio para la evaluar financieramente proyectos que son requeridos para operar: Valoración de riesgo en términos de dinero antes del proyecto, valor del riesgo después del proyecto, y el costo de la inversión, factor > 1 y < 3 viable proyecto, factor < 1 no es viable el proyecto.

El factor J para este proyecto es 2.7 se encuentra dentro del rango establecido de viabilidad, al mismo tiempo, el flujo de caja neto del análisis incremental (mide la rentabilidad considerando la diferencia entre un flujo de caja de la empresa con proyecto y en la situación que no se realizará el proyecto) es positivo pero es muy alto con respecto a las otras alternativas. La relación de beneficio/ costo de esta alternativa es 14.73 la mejor de todas las alternativas.

Segunda Alternativa -Cloro: Casetas de cloración con sistemas de control de fugas de cloro con sistemas de adsorción con alúmina

Tabla 25. Resultados en términos del valor J y relación beneficio/ costo. De la segunda alternativa.

Riesgo Base	53.517
Riesgo Alternativa (KUSD)	14.975
VPN Inversión Alternativa (KUSD)	2.872
VPN Costos de O&M (KUSD)	3.727
Relación Beneficio/Costo	13,42
Análisis de Sensibilidad +	10,32
Análisis de Sensibilidad -	16,78
Análisis de Sensibilidad Crítico	1242%

	base	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Riesgo base	\$ 6.298,68	\$ 5.624,45	\$ 5.022,75	\$ 4.485,75	\$ 4.006,48	\$ 3.578,69	\$ 3.196,85	\$ 2.856,00	\$ 2.551,71	\$ 2.280,06	\$ 2.037,51	\$ 1.820,95	\$ 1.627,57	\$ 1.454,88	\$ 1.300,66	\$ 1.162,91
Riesgo con proyecto	\$ 1.298,68	\$ 1.892,27	\$ 2.287,86	\$ 1.892,82	\$ 903,93	\$ 806,40	\$ 727,42	\$ 656,39	\$ 592,49	\$ 534,99	\$ 483,24	\$ 436,65	\$ 394,69	\$ 356,89	\$ 322,82	\$ 282,11
Análisis incremental	\$ 5.000,00	\$ 3.732,18	\$ 2.734,89	\$ 2.592,93	\$ 3.102,55	\$ 2.772,29	\$ 2.469,44	\$ 2.199,61	\$ 1.959,22	\$ 1.745,06	\$ 1.554,27	\$ 1.384,30	\$ 1.232,88	\$ 1.098,00	\$ 977,84	\$ 870,80
Valor presente neto del análisis incremental	\$ 35.426,27															
FACTOR J		2,5														
R1 (valor del riesgo antes del proyecto)		\$ 10.000														
R2 (Valor del riesgo despues del cambio)		\$ 1.000														
Inversion:		\$ 3.657														

Fuente: Autora del proyecto

El factor J para este proyecto es 2.5 se encuentra dentro del rango establecido de viabilidad, al mismo tiempo el flujo de caja neto del análisis incremental es positivo y la relación de beneficio/ costo de esta alternativa es 13.42 mayor a 1.

Tercera Alternativa - Dióxido de cloro in situ

Tabla 26. Resultados en términos del valor J y relación beneficio/ costo de la tercera alternativa.

Riesgo Base	53.517
Riesgo Alternativa (KUSD)	28.613
VPN Inversión Alternativa (KUSD)	1.459
VPN Costos de O&M (KUSD)	10.400

Relación Beneficio/Costo	17,07
Análisis de Sensibilidad +	13,13
Análisis de Sensibilidad -	21,33
Análisis de Sensibilidad Critico	1607%

	base	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Riesgo base	\$ 6.298,68	\$ 5.624,45	\$ 5.022,75	\$ 4.485,75	\$ 4.006,48	\$ 3.578,69	\$ 3.196,65	\$ 2.856,00	\$ 2.551,71	\$ 2.280,06	\$ 2.037,51	\$ 1.820,95	\$ 1.627,57	\$ 1.454,88	\$ 1.300,66	\$ 1.162,51
Riesgo con proyecto	\$ 2.298,68	\$ 2.427,41	\$ 2.473,94	\$ 2.812,48	\$ 2.137,01	\$ 1.931,28	\$ 1.750,04	\$ 1.586,40	\$ 1.438,61	\$ 1.305,08	\$ 1.184,40	\$ 1.075,28	\$ 976,60	\$ 887,31	\$ 806,50	\$ 733,33
Análisis incremental	\$ 4.000,00	\$ 3.197,04	\$ 2.548,81	\$ 1.673,27	\$ 1.869,47	\$ 1.647,41	\$ 1.446,62	\$ 1.269,60	\$ 1.113,11	\$ 974,98	\$ 853,12	\$ 745,67	\$ 650,97	\$ 567,57	\$ 494,16	\$ 429,58
Valor presente neto del análisis incremental	\$ 23.481,58															
FACTOR J	4,3															
R1 (valor del riesgo antes del proyecto)	\$ 10.000															
R2 (Valor del riesgo despues del cambio)	\$ 2.000															
Inversion:	\$ 1.859															

Fuente: Autora del proyecto

El factor J para este proyecto es 4.3 es mayor al rango establecido, debido a que los costos de consumo de materia prima de dióxido de cloro son muy altos, aunque la relación beneficio costo es positiva de 17.42 esta alternativa no es viable; al mismo tiempo el flujo de caja neto del análisis incremental aunque es positivo es el más bajo de todas las alternativas 1 y 2

Cuarta Alternativa - Hipoclorito de sodio: generadores en línea de hipoclorito para producción in situ.

Tabla 27 Resultados en términos del valor J y relación beneficio/ costo de la cuarta alternativa.

Riesgo Base	53.517
Riesgo Alternativa (KUSD)	7.373.727
VPN Inversión Alternativa (KUSD)	3.779
VPN Costos de O&M (KUSD)	7.361.572
Relación Beneficio/Costo	-1.937,27
Análisis de Sensibilidad +	-1.490,21
Análisis de Sensibilidad -	-2.421,59
Análisis de Sensibilidad Critico	-193827%

	base	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Riesgo base	\$ 6.298,68	\$ 5.624,45	\$ 5.022,75	\$ 4.485,75	\$ 4.006,48	\$ 3.578,69	\$ 3.196,85	\$ 2.856,00	\$ 2.551,71	\$ 2.280,06	\$ 2.037,51	\$ 1.820,95	\$ 1.627,57	\$ 1.454,88	\$ 1.300,66	\$ 1.162,91
Riesgo con proyecto	\$ 1.298,68	\$ 2.124,24	\$ 2.684,08	\$ 724.086,14	\$ 670.039,48	\$ 621.047,97	\$ 575.639,39	\$ 533.551,61	\$ 494.541,72	\$ 458.394,55	\$ 424.871,42	\$ 393.808,94	\$ 365.017,84	\$ 338.332,00	\$ 313.597,44	\$ 290.671,44
Análisis incremental	\$ 5.000,00	\$ 3.500,21	\$ 2.338,67	\$ -719.600,39	\$ -666.033,00	\$ -617.469,27	\$ -572.442,53	\$ -530.695,62	\$ -491.990,01	\$ -456.104,49	\$ -422.833,91	\$ -391.987,98	\$ -363.390,27	\$ -336.877,12	\$ -312.296,78	\$ -289.508,53
Valor presente neto del análisis incremental																
FACTOR J		1,9														
R1 (valor del riesgo antes del pro)		\$ 10.000														
R2 (Valor del riesgo despues del		\$ 1.000														
Inversion:		\$ 4.809														

Fuente: Autora del proyecto

El factor J para este proyecto es 1.9 se encuentra dentro del rango establecido de viabilidad, pero al mismo tiempo el flujo de caja neto del análisis incremental es negativo por los altos costos de mantenimiento que incrementan anualmente, la relación de beneficio/ costo de esta alternativa es negativa debido a que el VPN con proyecto es el más alto de todas las alternativas. Esta alternativa no es viable.

Quinta Alternativa - Hipoclorito de sodio: dosificación de hipoclorito comercial en solución

Tabla 28 Resultados en términos del valor J y relación beneficio/ costo de la quinta alternativa.

Riesgo Base	53.517
Riesgo Alternativa (KUSD)	6.046.448
VPN Inversión Alternativa (K)	1.450
VPN Costos de O&M (KUSD)	6.036.621

Relación Beneficio/Costo	-4.132,52
Análisis de Sensibilidad +	-3.178,87
Análisis de Sensibilidad -	-5.165,66
Análisis de Sensibilidad Cr	-413352%

	base	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Riesgo base	\$ 6.298.68	\$ 5.624.45	\$ 5.022.75	\$ 4.485.75	\$ 4.006.48	\$ 3.578.89	\$ 3.196.85	\$ 2.856.00	\$ 2.551.71	\$ 2.280.06	\$ 2.037.51	\$ 1.820.95	\$ 1.627.57	\$ 1.454.88	\$ 1.300.86	\$ 1.162.91
Riesgo con proyecto	\$ 1.298.68	\$ 1.533.83	\$ 1.675.63	\$ 593.356.00	\$ 549.549.26	\$ 509.359.10	\$ 472.113.16	\$ 437.591.48	\$ 405.594.71	\$ 375.938.12	\$ 348.450.49	\$ 322.973.14	\$ 299.358.99	\$ 277.471.75	\$ 257.185.08	\$ 238.381.91
Análisis incremental	\$ 5.000.00	\$ 4.090.62	\$ 3.347.12	\$ -588.970.25	\$ -545.542.78	\$ -505.789.40	\$ -468.916.31	\$ -434.735.48	\$ -403.043.00	\$ -373.858.07	\$ -346.412.98	\$ -321.152.19	\$ -297.731.42	\$ -278.016.07	\$ -255.884.43	\$ -237.219.08
Valor presente neto del análisis incremental	\$ -5.047.525.43															
FACTOR J	4.9															
R1 (valor del riesgo antes de	\$ 10.000															
R2 (Valor del riesgo despue	\$ 1.000															
Inversion	\$ 1.847															

El factor J para este proyecto es 4.9 se encuentra por fuera del rango establecido de viabilidad, pero al mismo tiempo el flujo de caja neto del análisis incremental es negativo por los altos costos de mantenimiento que incrementan anualmente, la relación de beneficio/ costo de esta alternativa es negativa debido a al riesgo financieramente con proyecto es más alta que sin proyecto.

11. SELECCIÓN DEL ALTERNATIVA VIABLE DEL PROYECTO DE LOS SISTEMAS DE BIOCIDAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA DE ENFRIAMIENTO Y POTABLE EN LA GERENCIA REFINERIA DE BARRANCABERMEJA

Para la selección de la alternativa viable se aplicó el “instructivo de la metodología para la selección y evaluación de alternativas- Matriz de alternativas”⁴ que se utilizó para tomar la decisión multicriterio con respecto a problemas, que por naturaleza o diseño, admite un numero de alternativas de solución:

La descripción de la metodología se describe en la tabla 29.

Realizada la evaluación financiera y la evaluación técnica se consolidaron los resultados en la matriz, para tomar la decisión de la mejor propuesta; evaluando los aspectos mínimos requeridos para seleccionar la alternativa más viable; teniendo en cuenta los aspectos a considerar, los aspectos que se consideraron fueron:

- Disminución del riesgo de afectación a las personas y al ambiente.
- Costos de producción.
- Relaciona de costos de producción, (solo consumo de materias primas con respecto a la situación actual del cloro.

⁴ Instructivo de la metodología para la selección y evaluación de alternativas, documento ECP- DPY-F007.- Macro-proceso de gestión de proyectos dirección corporativa de proyectos. Ecopetrol. S.A

Tabla 29 .Descripción de la metodología para la selección y evaluación de alternativas

Pasos	Descripción
1	Análisis de las alternativas En la hoja Matriz se deben describir las diferentes alternativas que se están analizando.
2	Selección de los criterios de decisión Se deben seleccionar los criterios de decisión que permitirán evaluar cada una de las alternativas que hacen parte del análisis. Para definir los criterios se pueden utilizar como referencia las listas de chequeo (Los criterios utilizados y sus pesos deben ser producto del consenso de los involucrados).
3	Ponderación de los criterios Para cada uno de los criterios se debe asignar un peso que refleje la importancia relativa de cada criterio, esta ponderación debe sumar 10.
4	Valoración de las alternativas según cada criterio Se deben valorar las alternativas de acuerdo a los criterios definidos en las Matrices de Aspectos Mínimos Requeridos (AMR) y Aspectos Deseables (AD). En la Matriz AMR se debe determinar con cuantas opciones NEGATIVAS (NO) o DUDOSAS (?) significa que la Alternativa no es viable y en la Matriz AD solo se deben incluir las alternativas valoradas como viables.
5	Cálculo de la prioridad global en el conjunto de alternativas Se debe calcular y ordenar por prioridad las alternativas, de acuerdo con el ejercicio de evaluación de éstas.
6	Análisis de resultados e informe final Los resultados obtenidos con las matrices deben ser analizados y consensuados con todos los involucrados para el proceso de toma de decisión.

Fuente: Instructivo de la metodología para la selección y evaluación de alternativas, documento ECP- DPY-F007.- Macro-proceso de gestión de proyectos dirección corporativa de proyectos. Ecopetrol. S.A

- Inversión de la alternativa: Incluye el proceso de almacenamiento, preparación dosificación, y almacenamiento de biocida, sistemas de mitigación y manejo de emergencias.
- Costos de mantenimiento anual: Incluye el proceso de almacenamiento, preparación dosificación, y almacenamiento de biocida, sistemas de mitigación y manejo de emergencias.

Después de obtener una valoración previa de las alternativas se consideró por último, los análisis y el cumplimiento del objetivo general del proyecto. Los parámetros que determinaron la selección de la alternativa fueron:

- Efectividad del producto/ tecnología como biocida (buenos resultados comprobados).
- Facilidad en la operación: Procedimientos, procesos de preparación, tecnología automatizada, programas exhaustivos de mantenimiento, necesidades de personal calificado (operación y mantenimiento).
- Experiencia: Experiencias exitosas de tecnologías probadas en industrias similares.
- Disponibilidad de las materias primas: En cuanto a cantidades, tiempos de entrega, volúmenes suministrados, periodicidad, transporte

Tabla 30. Matriz de evaluación de alternativas, análisis y cumplimiento de los resultados obligatorios para los sistemas de biocidas para el tratamiento de agua de enfriamiento y potable en la gerencia refinera de Barrancabermeja.

ANÁLISIS Y CUMPLIMIENTO DE LOS RESULTADOS OBLIGATORIOS		CLORO CON NEUTRALIZACIÓN CON SODA	CLORO CON ADSORCIÓN DE FUGAS CON ALÚMINA	DIÓXIDO DE CLORO	GENERADORES DE HIPOCLORITO DE SODIO AL 0,8%	HIPOCLORITO DE SODIO COMERCIAL AL 12%
DISMINUCIÓN DEL RIESGO DE AFECTACIÓN A LAS PERSONAS Y EL AMBIENTE: con relación al riesgo actual (H), incluye el producto biocida, las materias primas utilizadas, la tecnología aplicada y todo el proceso: almacenamiento, transporte, producción, distribución.		H → L	H → L	H → M	H → L	H → L
COSTOS DE PRODUCCIÓN (solo consumo de materias primas)		USD 275.833	USD 275.833	USD 1.271.314	USD 884.775	USD 768.949
RELACIÓN DE COSTOS DE PRODUCCIÓN (solo consumo de materias primas), con respecto a la situación actual CLORO		1,0	1,0	4,6	3,2	2,8
INVERSIÓN DE LA ALTERNATIVA: Incluye el proceso de almacenamiento, preparación, dosificación y almacenamiento de biocida, sistemas de mitigación y manejo de emergencias.		USD 2.010.000	USD 2.190.000	USD 1.113.000	USD 2.891.540	USD 1.106.000
COSTOS DE MANTENIMIENTO ANUAL: Incluye el proceso de almacenamiento, preparación, dosificación y almacenamiento de biocida, sistemas de mitigación y manejo de emergencias.		USD 76.200	USD 83.400	USD 45.760	USD 113.982	USD 48.960
CALIFICACIÓN RESULTADOS OBLIGADOS	PESO	CLORO CON NEUTRALIZACIÓN CON SODA	CLORO CON ADSORCIÓN DE FUGAS CON ALÚMINA	DIÓXIDO DE CLORO	GENERADORES DE HIPOCLORITO DE SODIO AL 0,8%	HIPOCLORITO DE SODIO COMERCIAL AL 12%
DISMINUCIÓN DEL RIESGO DE AFECTACIÓN A LAS PERSONAS Y EL AMBIENTE: con relación al riesgo actual (H), incluye el producto biocida, las materias primas utilizadas, la tecnología aplicada y todo el proceso: almacenamiento, transporte, producción, distribución.	3	3	3	2	3	3
COSTOS DE PRODUCCIÓN (solo consumo de materias primas)	3	3	3	0	1	1
INVERSIÓN TOTAL DE LA ALTERNATIVA: Incluye el proceso de almacenamiento, preparación, dosificación y almacenamiento de biocida, sistemas de mitigación y manejo de emergencias.	3	2	2	3	1	3
COSTOS DE MANTENIMIENTO ANUAL: Incluye el proceso de almacenamiento, preparación, dosificación y almacenamiento de biocida, sistemas de mitigación y manejo de emergencias.	1	0	0	1	0	1
TOTAL (PESO x CALIFICACIÓN)	10	8	8	6	5	8
Se debe determinar con cuantas opciones NEGATIVAS (NO) o DUDOSA (?) significa que la Alternativa no es viable						

Tabla 31. Matriz de evaluación de alternativas, análisis y cumplimiento de los objetivos deseables máximos esperados para los sistemas de biocidas para el tratamiento de agua de enfriamiento y potable en la Gerencia refinería de Barrancabermeja.

MATRIZ ASPECTOS DESEABLES (AD) - MÁXIMOS ESPERADOS						
CALIFICACION ALTERNATIVAS A CONSIDERAR						
ANÁLISIS Y CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS DESEABLES	PESO	COLORO CON NEUTRALIZACIÓN CON SODA	COLORO CON ADSORCIÓN DE FUGAS CON ALÚMINA	DIÓXIDO DE CLORO	GENERADORES DE HIPOCLORITO DE SODIO AL 0,8%	HIPOCLORITO DE SODIO COMERCIAL AL 12%
EFFECTIVIDAD DEL PRODUCTO / TECNOLOGÍA COMO BIOCIDA: buenos resultados comprobados.	2	2	2	2	1	1
FACILIDAD EN LA OPERACIÓN: Procedimientos, procesos de preparación, tecnología automatizada, programas exhaustivos de mantenimiento, necesidades de personal calificado (operación y mantenimiento).	3	1	3	1	0	2
EXPERIENCIA: Experiencias exitosas de tecnologías probadas en industrias similares.	2	2	2	1	1	1
DISPONIBILIDAD DE LAS MATERIAS PRIMAS: En cuanto a cantidades, tiempos de entrega, volúmenes suministrados, periodicidad, transporte y entrega en plantas.	3	3	3	1	1	2
TOTAL (PESO x CALIFICACIÓN)	10	8	10	5	3	6
Solo se deben calificar las alternativas que se definieron como VIABLES en la Matriz AMR						
La alternativa preferida será la que obtuvo la mayor calificación (se deben ordenar las alternativas viables de mayor a menor)						

ORDEN DE CALIFICACIÓN	PUNTAJE TOTAL	ORDEN
COLORO CON NEUTRALIZACIÓN CON SODA	16	SEGUNDA
COLORO CON ADSORCIÓN DE FUGAS CON ALÚMINA	18	PRIMERA
DIÓXIDO DE CLORO	11	CUARTA
GENERADORES DE HIPOCLORITO DE SODIO AL 0,8%	8	QUINTA
HIPOCLORITO DE SODIO COMERCIAL AL 12%	14	TERCERA

Aunque la alternativa 1 y la alternativa 2 tienen igual puntaje en:

- Valoración de los riesgos H antes del proyecto y para ambas con proyecto hay una disminución a L, según la matriz RAM.
- Los costos de producción son los mismos.
- La relación de costos de producción es la misma para ambas alternativas.

La alternativa seleccionada, según el cumplimiento de los criterios definidos en las matrices de aspectos mínimos requeridos y aspectos deseables- máximos esperados, la alternativa que obtuvo mayor puntaje fue la segunda: *“Cloro - casetas con adsorción de cloro con alúmina”* debido a que obtuvo la mayor calificación (18 puntos con respecto a las otras), influenciada por facilidad en la operación, cumplimiento del criterio del factor J el cual fue 2.5 y el bajo riesgo de manejo de una sustancia química -cloro por la manipulación y operación con la implementación del nuevo sistema de adsorción con alúmina.

Adicional, esta alternativa fue seleccionada, por lo que obtuvo mayor puntaje en la facilidad de operación, por lo que ya existe personal capacitado para el manejo del cloro, mejorando las instalaciones y automatización de los componentes de las casetas de cloro y el equipo adicional, la torre adsorbedora, que está diseñado para operar en automático.

A diferencia de la alternativa 1 cloro con neutralización con soda, la cual también quedó con la misma puntuación en la calificación de resultados obligados, ésta tiene un componente de manipulación de otra sustancia peligrosa “ la soda”, otro potencial riesgo químico, y aunque los costos de mantenimiento anual y la inversión eran más bajos en la alternativa 1 que en la 2; los modos de falla de cloro con neutralización con soda presentan un gran potencial de riesgo por afectaciones al sistema de los diferentes componentes por manipulación de otro

químico tanto en el proceso de tratamiento de agua potable y agua de enfriamiento.

12. ANALISIS DE RIESGOS DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA: CLORO - CASETAS DE CLORACION CON ADSORCIÓN DE CLORO CON ALÚMINA.

El objetivo del análisis de riesgos fue detectar los riesgos, sus causas, sus consecuencias y las medidas de control necesarias, mediante un análisis cualitativo de los modos de falla de los diferentes componentes que se van a instalar dentro de la ejecución del control de cambios en los sistemas de alimentación de cloro gaseoso.

La metodología a desarrollar fue un “Que pasa si no se ejecuta el proyecto de cloro- casetas de cloración con adsorción de cloro con alúmina”. Durante el desarrollo del análisis de riesgos se describió de manera sencilla el proceso objetivo del análisis, señalando además el propósito del mismo e indicando los sistemas y componentes de cada uno.

Se evaluaron los posibles modos de falla de cada uno de componentes, se evaluaron las causas que dan origen a las consecuencias, teniendo en cuenta que fueran significativas y razonables, se realizó valoración de las consecuencias mediante la matriz RAM, teniendo en cuenta las salvaguardas existentes para cada modo de falla.

El taller se desarrolló utilizando la herramienta informática PHA-PRO.

El detalle de todo el desarrollo de la evaluación de riesgos, y la descripción de los sistemas y componentes analizados se presenta en el documento Anexo A.

13. DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA SELECCIONADA: CLORO CON ADSORCIÓN DE CLORO CON ALÚMINA.

De acuerdo con la matriz de evaluación de alternativas realizada, se recomendó implementar la Segunda Alternativa - Cloro: casetas de cloración con sistemas de control de fugas de cloro con sistemas de adsorción con alúmina de fugas de cloro, cumpliendo con la evaluación técnica y financiera de **SISTEMAS DE BIOCIDAS PARA EL TRATAMIENTO DE AGUA DE ENFRIAMIENTO Y POTABLE EN LA GERENCIA REFINERIA DE BARRANCABERMEJA.**

A continuación se presenta el desarrollo de la evaluación técnica del sistema propuesto de acuerdo a la recomendación emitida en la evaluación de alternativas y la implementación de la práctica de incremento de valor (evaluación financiera) evaluada en el proyecto.

13.1 PREPARACION DE LAS BASES DE DISEÑO.

De acuerdo a las 9 casetas de cloración, se estructura las siguientes bases de diseño:

Tabla 32. Cantidades definidas para los sistemas de dosificación de cloro gaseoso.

CASETAS	SISTEMAS	FLUJOS DE CLORO GASEOSO(LBD)	
		OPERACIÓN	DISEÑO
CASETA 1	Agua potable y agua clarificada	30	50
CASETA 2	T-831	200	300
CASETA 3	T-801	200	300
CASETA 4	T-820	200	300
CASETA 5	T-880	200	300
CASETA 6	T-850	200	300
CASETA 7	T-4401	200	300
CASETA 8	T-2940	200	300
CASETA 9	T-2945	350	450

13.2 SISTEMAS DE ALMACENAMIENTO.

En todas las casetas de almacenamiento y dosificación de cloro gaseoso, se debe considerar que todos los contenedores de cloro (en operación, llenos disponibles, vacíos) deben estar siempre almacenados bajo techo dentro de la instalación, para evitar que reciban la luz directa del sol, la lluvia y, en general, para protegerlos de la intemperie. Las instalaciones serán frescas, secas, con el piso libre de humedad y no se debe permitir que penetre la luz solar directa, ni existir en ninguna parte dentro de las mismas una temperatura superior a los 50°C.

Figura 7. Caseta de almacenamiento de cloro gaseoso



En el diseño de las casetas de cloración, se definieron áreas de acceso para permitir la inspección de rutina y que el personal de emergencia pueda movilizarse cuando tenga puestos los equipos para la atención de emergencias. Se debe considerar corredores de circulación con un ancho mínimo de un (1) metro.

13.3 MONO RIEL Y GRUA

Los contenedores de una tonelada deberán ser desplazados usando un sistema de riel de dos direcciones y puente grúa con una viga de suspensión o barra de izaje en acero estructural.

Figura 8. Mono riel y grúa.



13.4 SISTEMAS DE ALIMENTACIÓN DE CLORO GASEOSO

El flujo del gas cloro de un contenedor depende de la presión interna, que, a su vez, depende de la temperatura del cloro líquido, por esto para retirar gas, el cloro líquido se deberá vaporizar.

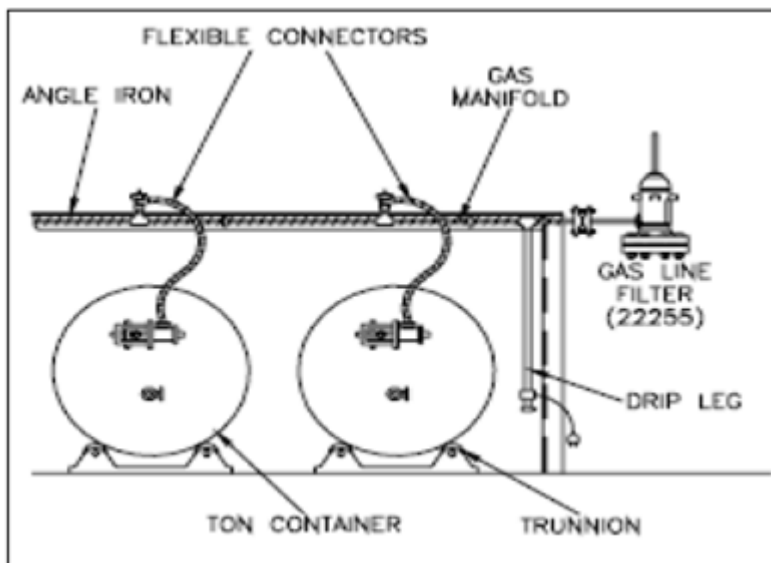
Figura 9. Sistemas de alimentación con cloro gaseoso.



13.5 FILTROS DE GAS CLORO.

Estos filtros se instalan en las líneas de conducción de cloro, para retener el material que pueda tener como arrastre el cloro gaseoso.

Figura 10. Filtros de gas cloro

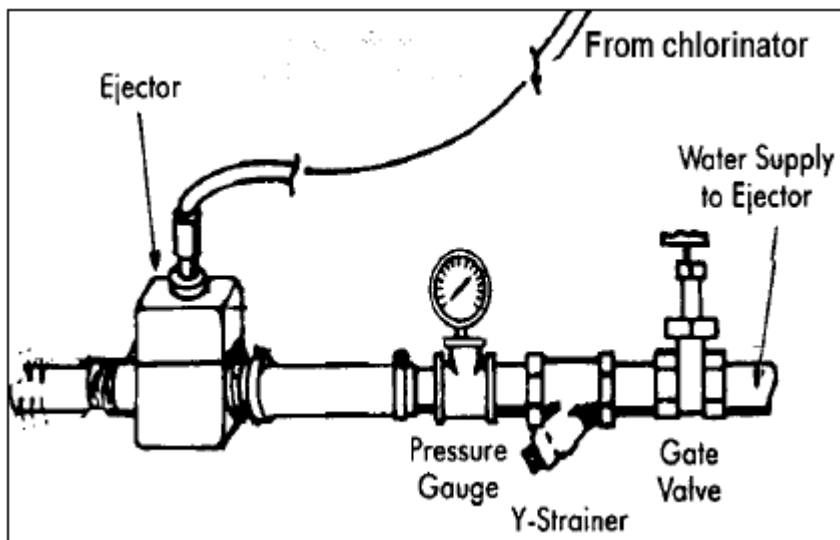


13.6 EYECTORES Y REGULADORES DE VACIO

Los cloradores operan generalmente bajo el principio de vacío total desde el contenedor de cloro, hasta el punto de inyección y solamente son usados para la cloración directa.

El gas cloro es controlado y monitoreado mediante el rotámetro ensamblado entre el eyector y el regulador de vacío. El gas cloro entra en el eyector, se mezcla con el agua y como resultado, se obtiene una solución altamente concentrada que fluye por la salida del eyector hasta el punto de aplicación deseado.

Figura 11. Eyectores y reguladores de vacío



13.7 DETECTORES DE FUGA DE CLORO

La detección se debe realizar mediante sensores de cloro gaseoso ubicados en la zona donde están ubicados los contenedores y todos los equipos que manejen cloro.

- * Rango de medición de concentración de fugas de cloro gaseoso: 1 a 10 ppm de Cl₂.
- * Valores de activación de alarma visual: 1 ppm de Cl₂.
- * Valores de activación de alarmas sonora: 3 ppm de Cl₂.
- * Valores de activación de sistemas de adsorción de fugas de cloro gaseoso: 3 ppm de Cl₂.
- * Capacidad de remoción de los sistemas de adsorción de fugas de cloro: 1 tonelada en cada una de las 6 casetas de cloración.

Figura 12. Detectores de fuga de cloro



13.8 TUBERIAS FLEXIBLES Y CONECTORES.

Se deberá usar una conexión flexible entre el contenedor y el sistema de tuberías.

La conexión entre los contenedores y el múltiple se deberá hacer a través de tubing de cobre cadmiado que a su vez estará instalado a válvulas de cloro instaladas en el múltiple de acero carbón.

Figura 13. Tuberías flexibles y conectores



13.9 SISTEMAS DE ABSORCIÓN CON ALUMINA DE FUGAS DE CLORO

Son sistemas secos de adsorción de fugas de cloro gaseoso. Consta básicamente de un ventilador y una torre cilíndrica de materiales compatibles, que contiene un lecho de esferas de alúmina de 1/8" de diámetro. El ventilador produce un vacío en la sala de contención y extrae el aire cargado de gases de cloro desde arriba de la torre, el lecho de alúmina reacciona con el gas reduciendo la concentración en la descarga de la torre de adsorción.

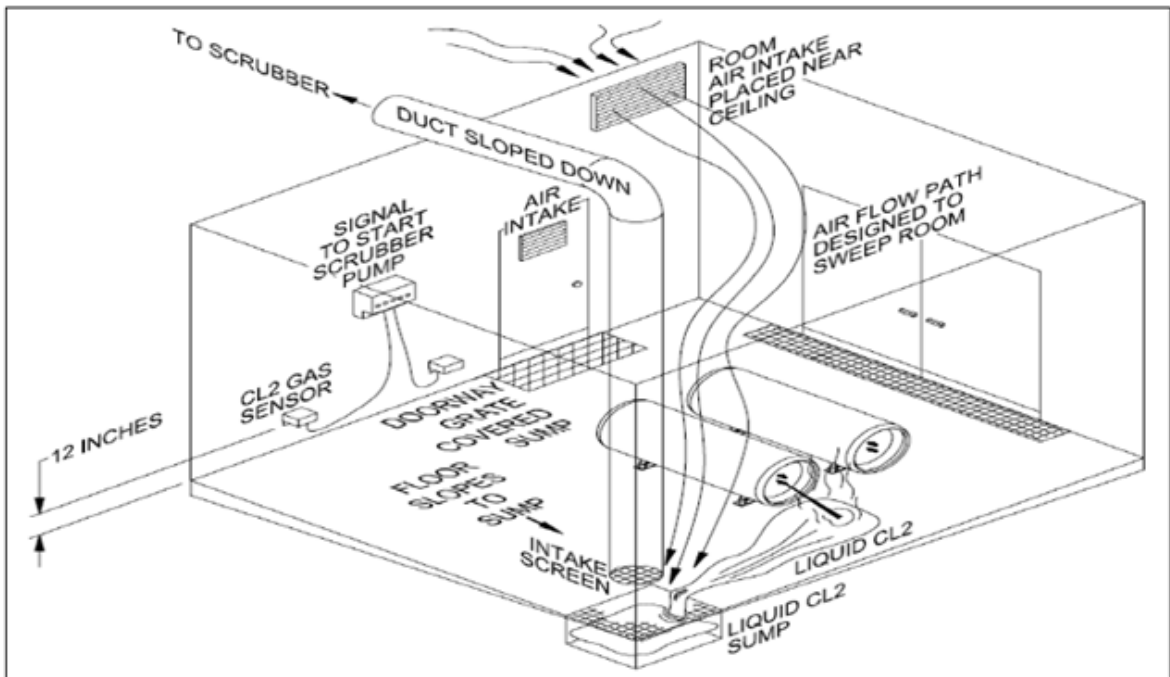
Los ventiladores deben ser de tipo centrífugo en material compatible y se accionan en forma automática cuando el detector de cloro detecta la presencia del gas de acuerdo a los niveles de concentración configurados, para iniciar la extracción desde los puntos descritos. La toma de aire del extractor debe encontrarse cerca del suelo.

Se debe disponer de una entrada elevada de aire fresco que deberá estar localizada con el objetivo de formar una corriente de ventilación adecuada.

Figura 14. Sistema de absorción con alúmina



Figura 15. Sistemas de control interno de la caseta de cloración



Por consiguiente sistemas de control de fugas de cloro gaseoso incluye todos los componentes y sistemas necesarios para identificar, monitorear y controlar un fuga de gas cloro dentro de las instalaciones de almacenamiento y dosificación de

cloro gaseoso, para que los operadores de los diferentes departamentos de la gerencia refinería Barrancabermeja, operen los sistemas de cloración de una manera segura, confiable para evitar riesgos inherentes a la operación, y asegurar que los sistemas de agua potable y agua de enfriamiento cumplan con las condiciones de calidad requeridas para operar.

Figura 16. Caseta de cloro con adsorción de cloro con alúmina.



CONCLUSIONES

- El proyecto está enmarcado dentro de los siguientes objetivos estratégicos de la gerencia refinería Barrancabermeja en cuanto a optimizar la gestión integral del riesgo, su mitigación, principio empresarial de prioridad por la seguridad, integridad personal y medio ambiente.
- Teniendo en cuenta el alto potencial debido de riesgo debido a la utilización del cloro en forma gaseosa en la gerencia refinería Barrancabermeja, se consideró necesario implementar alternativas de mitigación reducción, y eliminación de riesgos inherentes a este producto.
- En la inteligencia de mercados no se obtuvo un número considerable de firmas participantes que entregaran la información y conocieran del tema de dosificación de biocidas, por lo tanto no se recomendó firmas como posibles contratistas para el desarrollo manejo de tratamiento de agua en plantas industriales para manejo de biocidas.
- De acuerdo con la evaluación técnica de cada una de las propuestas formuladas se evaluó el cumplimiento de los resultados de la disminución del riesgo de afectación de las personas y el medio ambiente, los costos de producción, relación de costos de producción y los costos de mantenimiento anual.
- Dentro de la calificación de las alternativas se revisó y evaluó la efectividad del producto/ tecnología como biocida, facilidad en la operación, experiencias exitosas de tecnologías probadas en la industria, disponibilidad de las materias primas, en cuanto a cantidades de entrega, transporte y entrega a las plantas

industriales de los diferentes departamentos de la refinería, teniendo en cuenta estos criterios de valoración la alternativa seleccionada fue *“casetas de cloración con sistemas de control de fugas de cloro con sistemas de adsorción con alúmina”*.

- El análisis de riesgos se revisaron los modos de fallas de los diferentes componentes, para evitar afectaciones al sistema y los efectos que estas fallas pueden tener en otros componentes del sistema o proceso.
- La alternativa seleccionada *casetas de “cloración con sistemas de control de fugas de cloro con sistemas de adsorción con alúmina”* es la tecnología más apropiada para el cumplimiento establecido como mejores prácticas por el instituto del cloro y las normas de seguridad establecidas en la empresa; para mitigar los potenciales riesgos para el medio ambiente, las personas, garantizar la confiabilidad en la operación y calidad de los sistemas de tratamientos de agua para los diferentes procesos industriales en la refinería de Barrancabermeja.
- Como parte del modelo de maduración y gestión de proyectos de Ecopetrol S.A, se recomienda continuar con la matriz de entregables para proyectos de infraestructura que son evaluados como continuidad operativa para ejecutar el proyecto de *casetas de “cloración con sistemas de control de fugas de cloro con sistemas de adsorción con alúmina”*.

BIBLIOGRAFIA

Para este proyecto se debe utilizar las recomendaciones emitidas por el Instituto del Cloro THE CHLORINE INSTITUTE, INC. A través de sus diferentes publicaciones a saber:

ANSI/ISA–TR92.06.03–1999 Feasibility of Chlorine Detection Instrument Testing
ISA–92.06.01–1998 Performance Requirements for Chlorine Detection Instruments (0.5-30 ppm Full Scale)

ISA–RP92.06.02–1999 Installation, Operation, and Maintenance of Chlorine Detection Instruments (0.5-30 ppm Full Scale).

ECP-DPY-G-001 Guía para la elaboración de proyectos de inversión PEP y PEPg V4.

ECP-DPY-G-001 Guía para la elaboración del plan de ejecución de proyectos y programas V5.

ECP-DPY-G-011 Definición de filosofías de confiabilidad, operación y control.

ECP-DPY-M-001 Gestión de Programas y Proyectos en Ecopetrol bajo en marco de maduración de proyectos MMGP.

ECP-DPY-M-003 Manual de ingeniería de costos para proyectos de inversión.

ECP-DPY-M-004 Implementación de prácticas de incremento valor VIP

Handbook Of Chlorination And Alternative Disinfectants

NFPA 704: Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response.

NTC 1692: Norma Técnica Colombiana para el Transporte de mercancías peligrosas.

Pamphlet 1: The Chlorine Manual

Pamphlet 6: Piping Systems For Dry Chlorine

Pamphlet 9: Chlorine Vaporizing Systems

Pamphlet 17: Packaging plant Safety and Operational Guidelines

Pamphlet 60: Chlorine Pipelines

Pamphlet 73: Atmospheric Monitoring Equipment for Chlorine

Pamphlet 85: Recommendations for Prevention of Personnel Injuries for Chlorine Production and Use Facilities.

Pamphlet 89: Chlorine Scrubbing Systems

Pamphlet 95: Gaskets for Chlorine Service

Pamphlet 164: Reactivity and Compatibility of Chlorine and Sodium Hydroxide with Various Materials

Pamphlet 165: Instrumentation for Chlorine Service

Pamphlet 166: Angle Valve Guidelines for Chlorine Bulk Transportation

Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico RAS – 2000.

ANEXO

ANEXO 1. ANALISIS DE RIESGOS QUE PASA SI NO SE REALIZA EL PROYECTO CLORO: CASSETAS DE CLORACIÓN CON SISTEMAS DE CONTROL DE FUGAS DE CLORO CON SISTEMAS DE ADSORCIÓN CON ALÚMINA.

Unidad de negocio: GERENCIA REFINERÍA BARRANCABERMEJA

Análisis: ANÁLISIS QUE PASA SI NO SE REALIZA EL PROYECTO *“CLORO CON ADSORCIÓN DE CLORO CON ALÚMINA*

Nombre de la alternativa seleccionada: *CLORO CON ADSORCIÓN DE CLORO CON ALÚMINA*

Analizar los riesgos en que se incurriría en caso de no realizar el proyecto o parte del mismo de la alternativa seleccionada.

METODOLOGÍA

Tipo: ANÁLISIS QUE PASA SI

Alcance: Análisis que pasa si no se ejecuta el proyecto, si no se ejecuta alguno de los sistemas del proyecto

Objetivo: Identificar los riesgos potenciales de no realizar el proyecto

1. LISTADO DE SISTEMAS

SISTEMA	DESCRIPCIÓN
1 SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE CLORO GASEOSO	Conjunto de componentes para el almacenamiento, conservación de todos los contenedores de cloro gaseoso utilizados para el proceso de cloración en cada planta y los almacenados en la bodega general de la zona B Galán.
2 SISTEMA DE TRANSPORTE INTERNO DE CLORO GASEOSO	Conjunto de componentes para el transporte de ida y vuelta adecuado de los contenedores de cloro gaseoso desde y hacia la bodega central de almacenamiento, hasta cada una de las casetas de dosificación de cloro gaseoso para los sistemas de agua potable y agua de enfriamiento.
3 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE CLORO GASEOSO	Comprende todo el proceso de suministro de cloro gaseoso desde la salida de cada uno de los contenedores hasta la entrada a los sistemas de regulación y control de dosificación de cloro para cada uno de los usuarios.
4 SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE CLORO GASEOSO	Comprende el proceso de dosificación del flujo de gas cloro, la dilución en el agua y la distribución a los usuarios finales de la solución clorada con la concentración necesaria.
5 SISTEMA DE CONTROL DE FUGAS DE CLORO GASEOSO	Incluye todos los componentes y sistemas necesarios para identificar, monitorear y controlar una fuga de gas cloro dentro de las instalaciones de almacenamiento y dosificación de cloro gaseoso.
6 SISTEMA DE MANEJO DE EMERGENCIAS CON CLORO GASEOSO	Incluye todos los componentes y sistemas necesarios para actuar durante una emergencia por fugas de cloro en cualquiera de los sistemas, con el fin de proteger a las personas.

2. LISTADO DE SUBSISTEMAS

Sistema: 1. SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE CLORO GASEOSO

SUBSISTEMA
4Basculas de medición individual del peso de los contenedores .
5Conjunto puente grúa, monorraíl, barra de izaje .
3Conjuntos de soportes para contenedores .
1Contenedores (1 ton) alineados para operación /disponibles .
2Contenedores (1 ton) llenos para utilizar. .

Sistema: 2. SISTEMA DE TRANSPORTE INTERNO DE CLORO GASEOSO

SUBSISTEMA
1Camión grúa .
2Soportes instalados en la plataforma del camión grúa para asegurar los contenedores .

Sistema: 3. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE CLORO GASEOSO

SUBSISTEMA
3Conjunto de tubería rígida - acoples - válvulas - conectores hasta llegada al sistema de dosificación de cloro gaseoso
1Conjunto de tuberías flexibles - acoples - conectores por cada contenedor en operación / disponible

Sistema: 3. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE CLORO GASEOSO

SUBSISTEMA
4 Sistemas de filtración sobre conjunto de tubería rígida de gas cloro
5 Sistemas de resistencias de calefacción sobre conjunto de tubería rígida de gas cloro
2 Válvulas de conexión tubería flexible con tubería rígida

Sistema: 4. SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE CLORO GASEOSO

SUBSISTEMA
5 Conjunto de tuberías tuberías - accesorios - válvulas - filtros para sistemas de vacío
.
6 Conjunto de tuberías - válvulas - accesorios - etc. para distribución de agua clorada hasta los diferentes puntos de aplicación
.
3 Sistemas de ajuste de flujo de cloración: Rotámetros
.
1 Sistemas de inyección de cloro gaseoso: clorador
.
2 Sistemas de resistencias de calefacción sobre clorador
.
4 Sistemas de vacío: eyectores
.

Sistema: 5. SISTEMA DE CONTROL DE FUGAS DE CLORO GASEOSO

SUBSISTEMA	
4	Señal de alarmas en cuarto de control
5	Sistema de adsorción de fugas de cloro, diseñada para manejar una fuga de 1 tonelada de cloro gaseosa; incluye torre de adsorción, sistema de motor - ventilador, ductos de conducción de la corriente de gas cloro, chimenea de extracción, etc.
3	Sistema de Alarma sonora
2	Sistemas de alarma visual
1	Sistemas de detección de fugas de cloro

Sistema: 6. SISTEMA DE MANEJO DE EMERGENCIAS CON CLORO GASEOSO

SUBSISTEMA	
4	Duchas de emergencia de descontaminación. .
3	Duchas de emergencia y estaciones lava ojos .
8	Elementos de protección de la piel: traje Hazmat con botas .
7	Elementos de protección de los ojos (careta full face) .
9	Equipos de aire auto contenido .
1	Facilidad de solución buffer - solución amoniacal de 20 ° Be .
6	Kit B de manejo de emergencias por fugas de cloro en contenedores de 1 tonelada

Sistema: 6. SISTEMA DE MANEJO DE EMERGENCIAS CON CLORO GASEOSO

SUBSISTEMA
. 5 Llave de seguridad 200, para cierre de contenedores en caso de emergencia .
2 Manga veletas indicadoras de la dirección del viento. .

3. DESARROLLO DEL ANÁLISIS “QUE PASA SI”

Sistema: 1. SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE CLORO GASEOSO

Subsistema: 1. Contenedores (1 ton) alineados para operación /disponibles

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
1 Qué pasa si no se cuenta con los contenedores necesarios para dosificar cloro gaseoso.	1 Sacar de servicio el sistema de agua potable.	No se tengan en cuenta el inventario necesario en el desarrollo del proyecto	3	C	M	1 Riesgo potencial, el sistema de agua potable no puede operar sin adición de agente biocida. Después de 2 días continuos sin dosificación de biocida
	2 Pérdida de eficiencia en el proceso de intercambio de calor	Se excluyan del alcance del	3	C	M	

Sistema: 1. SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE CLORO GASEOSO

Subsistema: 1. Contenedores (1 ton) alineados para operación /disponibles

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
	por afectación en el proceso de manejo microbiológico de los sistemas de agua de enfriamiento.	proyecto.				en los sistemas de agua de enfriamiento, se pierde el control del crecimiento microbiológico en los sistemas.

Sistema: 1. SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE CLORO GASEOSO

Subsistema: 2. Contenedores (1 ton) llenos para utilizar.

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
1 Qué pasa si no se cuenta con los contenedores disponibles para dosificar cloro gaseoso.	1 Sacar de servicio el sistema de agua potable, una vez se desocupen los contenedores en servicio.	No se tengan en cuenta el inventario necesario en el desarrollo del	2	D	L	1 Riesgo potencial, el sistema de agua potable no puede operar sin adición de agente biocida.

Sistema: 1. SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE CLORO GASEOSO

Subsistema: 2. Contenedores (1 ton) llenos para utilizar.

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
	2 Pérdida de eficiencia en el proceso de intercambio de calor por afectación en el proceso de manejo microbiológico de los sistemas de agua de enfriamiento.	proyecto Se excluyan del alcance del proyecto.	2	D	L	Después de 2 días continuos sin dosificación de biocida en los sistemas de agua de enfriamiento, se pierde el control del crecimiento microbiológico en los sistemas.

Sistema: 1. SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE CLORO GASEOSO

Subsistema: 3. Conjuntos de soportes para contenedores

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
1 Qué pasa si no se incluyen en el alcance del proyecto.	1 Afectación a las personas por posible fuga de gas cloro por afectación de la integridad de los	Se excluyan del alcance del proyecto.	4	B	M	1 Se han presentado en la GRB dos incidentes de caída de contenedores

Sistema: 1. SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE CLORO GASEOSO

Subsistema: 3. Conjuntos de soportes para contenedores

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
	contenedores, al rodarlos directamente en el piso de las casetas.					durante el proceso de transporte, sin consecuencias. (Carretera de Central Norte y frente a TE-801)

Sistema: 1. SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE CLORO GASEOSO

Subsistema: 4. Basculas de medición individual del peso de los contenedores

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
1 Qué pasa si no se incluyen en el alcance del proyecto.	1 Perdida de producto que se vaya en un contenedor catalogado como vacío.	Se excluyan del alcance del proyecto.	1	E	L	1 Se cuenta con reportes del proveedor de cloro de esta situación de contenedores "vacíos" con producto.

sistema: 1. SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE CLORO GASEOSO
 Subsistema: 5. Conjunto puente grúa, monorriel, barra de izaje

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
1 Qué pasa si no se incluyen en el alcance del proyecto.	1 Afectación a las personas por posible fuga de gas cloro por afectación de la integridad de los contenedores, por caídas y golpes al utilizar herramientas no estandarizadas para la manipulación de los contenedores de cloro.	Se excluyan del alcance del proyecto.	3	C	M	1 Riesgo potencial, actualmente 5 de las 9 casetas no cuentan con estos sistemas estándar.

Sistema: 2. SISTEMA DE TRANSPORTE INTERNO DE CLORO GASEOSO
 Subsistema: 1. Camión grúa

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
1 Qué pasa si no se incluyen en el alcance del proyecto.	1 Afectación a las personas por posible fuga de gas cloro por afectación de la integridad de los	Se excluyan del alcance del proyecto.	4	B	M	1 Riesgo potencial, actualmente se transporta los

Sistema: 2. SISTEMA DE TRANSPORTE INTERNO DE CLORO GASEOSO

Subsistema: 1. Camión grúa

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
	contenedores, al manipularlos con herramientas inadecuadas.					contenedores de cloro en cama baja, y se movilizan con montacargas.

Sistema: 2. SISTEMA DE TRANSPORTE INTERNO DE CLORO GASEOSO

Subsistema: 2. Soportes instalados en la plataforma del camión grúa para asegurar los contenedores

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
1 Qué pasa si no se incluyen en el alcance del proyecto.	1 Afectación a las personas por posible fuga de gas cloro por afectación de la integridad de los contenedores, por caídas y golpes, al transportarlos sin la soporteria adecuada.	Se excluyan del alcance del proyecto.	4	B	M	1 Riesgo potencial, la cama baja donde se transportan los contenedores, están sujetos con sistemas de madera que no le permiten moverse.

Sistema: 3. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE CLORO GASEOSO

Subsistema: 1. Conjunto de tuberías flexibles - acoples - conectores por cada contenedor en operación / disponible

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
1 Qué pasa si no se incluyen en el alcance del proyecto.	1 Afectación a las personas por posible fuga de gas cloro por utilizar componentes no estandarizados para la manipulación y alimentación de cloro gaseoso.	Se excluyan del alcance del proyecto.	2	E	M	1 Reporte de fugas menores por conexión de sistemas.

Sistema: 3. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE CLORO GASEOSO

Subsistema: 2. Válvulas de conexión tubería flexible con tubería rígida

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
1 Qué pasa si no se incluyen en el alcance del proyecto.	1 Afectación a las personas por posible fuga de gas cloro por utilizar componentes no estandarizados para la manipulación y alimentación de	Se excluyan del alcance del proyecto.	2	E	M	1 Reporte de fugas menores por conexión de sistemas.

Sistema: 3. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE CLORO GASEOSO

Subsistema: 2. Válvulas de conexión tubería flexible con tubería rígida

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
	cloro gaseoso.					

Sistema: 3. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE CLORO GASEOSO

Subsistema: 3. Conjunto de tubería rígida - acoples - válvulas - conectores hasta llegada al sistema de dosificación de cloro gaseoso

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
1 Qué pasa si no se incluyen en el alcance del proyecto.	1 Afectación a las personas por posible fuga de gas cloro por utilizar componentes no estandarizados para la manipulación y alimentación de cloro gaseoso.	Se excluyan del alcance del proyecto.	2	E	M	1 Reporte de fugas menores por conexión de sistemas.

Sistema: 3. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE CLORO GASEOSO

Subsistema: 4. Sistemas de filtración sobre conjunto de tubería rígida de gas cloro

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
1 Qué pasa si no se incluyen en el alcance del proyecto.	1 Afectación a las personas por posible fuga de gas cloro por utilizar componentes no estandarizados para la manipulación y alimentación de cloro gaseoso.	Se excluyan del alcance del proyecto.	2	C	L	1 Riesgo potencial, taponamiento del sistema por presencia de impurezas.

Sistema: 3. SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE CLORO GASEOSO

Subsistema: 5. Sistemas de resistencias de calefacción sobre conjunto de tubería rígida de gas cloro

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
1 Qué pasa si no se incluyen en el alcance del proyecto.	1 Afectación a las personas por posible fuga de gas cloro por utilizar componentes no estandarizados para la manipulación y alimentación de cloro gaseoso.	Se excluyan del alcance del proyecto.	2	E	M	1 Reporte de presencia de líquido en tuberías de dosificación de cloro gaseoso.

Sistema: 4. SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE CLORO GASEOSO
Subsistema: 1. Sistemas de inyección de cloro gaseoso: clorador

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
1 Qué pasa si no se incluyen en el alcance del proyecto.	1 Afectación a las personas por posible fuga de gas cloro por utilizar componentes no estandarizados para la dosificación de cloro gaseoso.	Se excluyan del alcance del proyecto.	3	C	M	1 Riesgo potencial, el sistema de agua potable no puede operar sin adición de agente biocida. Después de 2 días continuos sin dosificación de biocida en los sistemas de agua de enfriamiento, se pierde el control del crecimiento microbiológico en los sistemas.

Sistema: 4. SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE CLORO GASEOSO

Subsistema: 2. Sistemas de resistencias de calefacción sobre clorador

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
1 Qué pasa si no se incluyen en el alcance del proyecto.	1 Afectación a las personas por posible fuga de gas cloro por utilizar componentes no estandarizados para la dosificación de cloro gaseoso.	Se excluyan del alcance del proyecto.	2	E	M	1 Reporte de presencia de líquido en tuberías de dosificación de cloro gaseoso.

Sistema: 4. SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE CLORO GASEOSO

Subsistema: 3. Sistemas de ajuste de flujo de cloración: Rotámetros

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
1 Qué pasa si no se incluyen en el alcance del proyecto.	1 Afectación de la operación de los sistemas de agua potable y agua de enfriamiento, por descontrol en la dosificación de cloro gaseoso.	Se excluyan del alcance del proyecto.	3	C	M	1 Riesgo potencial, el sistema de agua potable no puede operar sin adición de agente biocida. Después de 2 días continuos sin

Sistema: 4. SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE CLORO GASEOSO
Subsistema: 3. Sistemas de ajuste de flujo de cloración: Rotámetros

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
						dosificación de biocida en los sistemas de agua de enfriamiento, se pierde el control del crecimiento microbiológico en los sistemas.

Sistema: 4. SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE CLORO GASEOSO
Subsistema: 4. Sistemas de vacío: eyectores

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
1 Qué pasa si no se incluyen en el alcance del proyecto.	1 Afectación de la operación de los sistemas de agua potable y agua de enfriamiento, por descontrol en la dosificación de cloro gaseoso.	Se excluyan del alcance del proyecto.	3	C	M	1 Riesgo potencial, el sistema de agua potable no puede operar sin adición de agente biocida.

Sistema: 4. SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE CLORO GASEOSO
Subsistema: 4. Sistemas de vacío: eyectores

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
						Después de 2 días continuos sin dosificación de biocida en los sistemas de agua de enfriamiento, se pierde el control del crecimiento microbiológico en los sistemas.

Sistema: 4. SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE CLORO GASEOSO
Subsistema: 5. Conjunto de tuberías - accesorios - válvulas - filtros para sistemas de vacío

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
1 Qué pasa si no se incluyen en el alcance	1 Afectación de la operación de los sistemas de agua potable y agua	Se excluyan del alcance del	3	C	M	1 Riesgo potencial, el sistema de agua potable

Sistema: 4. SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE CLORO GASEOSO

Subsistema: 5. Conjunto de tuberías - accesorios - válvulas - filtros para sistemas de vacío

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
del proyecto.	de enfriamiento, por descontrol en la dosificación de cloro gaseoso.	proyecto.				no puede operar sin adición de agente biocida. Después de 2 días continuos sin dosificación de biocida en los sistemas de agua de enfriamiento, se pierde el control del crecimiento microbiológico en los sistemas.

Sistema: 4. SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE CLORO GASEOSO

Subsistema: 6. Conjunto de tuberías - válvulas - accesorios - etc. para distribución de agua clorada hasta los diferentes puntos de aplicación

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
1 Qué pasa si no se incluyen en el alcance del proyecto.	1 Pérdida de eficiencia en el proceso de intercambio de calor por afectación en el proceso de manejo microbiológico de los sistemas de agua de enfriamiento.	Se excluyan del alcance del proyecto.	3	C	M	1 Riesgo potencial, el sistema de agua potable no puede operar sin adición de agente biocida. Después de 2 días continuos sin dosificación de biocida en los sistemas de agua de enfriamiento, se pierde el control del crecimiento microbiológico en los sistemas.

Sistema: 5. SISTEMA DE CONTROL DE FUGAS DE CLORO GASEOSO

Subsistema: 1. Sistemas de detección de fugas de cloro

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
1 Qué pasa si no se incluyen en el alcance del proyecto.	1 Grave y masiva afectación a las personas por posible fuga de gas cloro no detectada, de forma temprana.	Se excluyan del alcance del proyecto.	4	D	H	1 Riesgo potencial. Incidente de fuga de gas cloro 7 enero 2011.
	2 Grave y masiva afectación a las personas ante una fuga de gas cloro que no se mitigue en un sistema diseñado para tal fin.	Se excluyan del alcance del proyecto.	4	D	H	

Sistema: 5. SISTEMA DE CONTROL DE FUGAS DE CLORO GASEOSO

Subsistema: 2. Sistemas de alarma visual

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
1 Qué pasa si no se incluyen en el alcance	1 Afectación a las personas por posible fuga de gas cloro no	Se excluyan del alcance del	3	C	M	1 Riesgo potencial. Incidente de fuga de gas

Sistema: 5. SISTEMA DE CONTROL DE FUGAS DE CLORO GASEOSO
Subsistema: 2. Sistemas de alarma visual

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
del proyecto.	detectada, de forma temprana.	proyecto.				cloro 7 enero 2011.

Sistema: 5. SISTEMA DE CONTROL DE FUGAS DE CLORO GASEOSO
Subsistema: 3. Sistema de Alarma sonora

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
1 Qué pasa si no se incluyen en el alcance del proyecto.	1 Grave y masiva afectación a las personas ante una fuga de gas cloro que no se mitigo.	Se excluyan del alcance del proyecto.	3	C	M	1 Riesgo potencial. Incidente de fuga de gas cloro 7 enero 2011.

Sistema: 5. SISTEMA DE CONTROL DE FUGAS DE CLORO GASEOSO
Subsistema: 4. Señal de alarmas en cuarto de control

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
1 Qué pasa si no se incluyen en el alcance del proyecto.	1 Afectación a las personas por posible fuga de gas cloro no detectada, de forma temprana.	Se excluyan del alcance del proyecto.	3	B	L	1 Riesgo potencial. Incidente de fuga de gas cloro 7 enero 2011.

Sistema: 5. SISTEMA DE CONTROL DE FUGAS DE CLORO GASEOSO

Subsistema: 5. Sistema de adsorción de fugas de cloro, diseñada para manejar una fuga de 1 tonelada de cloro gaseosa; incluye torre de adsorción, sistema de motor - ventilador, ductos de conducción de la corriente de gas cloro, chimenea de extracción, etc.

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
1 Qué pasa si no se incluyen en el alcance del proyecto.	1 Grave y masiva afectación a las personas ante una fuga de gas cloro que no se mitigue.	Se excluyan del alcance del proyecto.	4	D	H	1 Riesgo potencial. Incidente de fuga de gas cloro 7 enero 2011.

Sistema: 6. SISTEMA DE MANEJO DE EMERGENCIAS CON CLORO GASEOSO
Subsistema: 1. Facilidad de solución buffer - solución amoniacal de 20 ° Be

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
1 Qué pasa si no se incluyen en el alcance del proyecto.	1 Afectación a las personas por posible fuga de gas cloro no detectada, de forma temprana.	Se excluyan del alcance del proyecto.	2	E	M	1 Reporte de fugas menores por conexión de sistemas.

Sistema: 6. SISTEMA DE MANEJO DE EMERGENCIAS CON CLORO GASEOSO
Subsistema: 2. Manga veletas indicadoras de la dirección del viento.

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
1 Qué pasa si no se incluyen en el alcance del proyecto.	1 Posible afectación de las personas, ante el contacto directo con una fuga de gas cloro, por no contar con información para una evacuación segura.	Se excluyan del alcance del proyecto.	3	C	M	1 Riesgo potencial. Incidente de fuga de gas cloro 7 enero 2011.

Sistema: 6. SISTEMA DE MANEJO DE EMERGENCIAS CON CLORO GASEOSO

Subsistema: 3. Duchas de emergencia y estaciones lava ojos

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
1 Qué pasa si no se incluyen en el alcance del proyecto.	1 Posible afectación de las personas, ante el contacto directo con una fuga de gas cloro, por no contar con sistemas de lavado adecuados para esta clase de emergencias.	Se excluyan del alcance del proyecto.	3	B	L	1 Riesgo potencial. Incidente de fuga de gas cloro 7 enero 2011.

Sistema: 6. SISTEMA DE MANEJO DE EMERGENCIAS CON CLORO GASEOSO

Subsistema: 4. Duchas de emergencia de descontaminación.

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
1 Qué pasa si no se incluyen en el alcance del proyecto.	1 Posible afectación de las personas, ante el contacto directo con una fuga de gas cloro, por no contar con sistemas de lavado adecuados para esta clase de emergencias.	Se excluyan del alcance del proyecto.	3	B	L	1 Riesgo potencial. Incidente de fuga de gas cloro 7 enero 2011.

Sistema: 6. SISTEMA DE MANEJO DE EMERGENCIAS CON CLORO GASEOSO

Subsistema: 5. Llave de seguridad 200, para cierre de contenedores en caso de emergencia

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
1 Qué pasa si no se incluyen en el alcance del proyecto.	1 Grave y masiva afectación de las personas ante una fuga de gas cloro, al no contar con las herramientas estandarizadas para bloquear contenedores de cloro.	Se excluyan del alcance del proyecto.	5	C	H	1 Riesgo potencial. Incidente de fuga de gas cloro 7 enero 2011.

Sistema: 6. SISTEMA DE MANEJO DE EMERGENCIAS CON CLORO GASEOSO

Subsistema: 6. Kit B de manejo de emergencias por fugas de cloro en contenedores de 1 tonelada

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
1 Qué pasa si no se incluyen en el alcance del proyecto.	1 Grave y masiva afectación a las personas ante una fuga de gas cloro al no poder controlar un escape de cloro en los contenedores, por no contar con herramientas adecuadas para tal fin.	Se excluyan del alcance del proyecto.	5	B	M	1 Riesgo potencial. Incidente de fuga de gas cloro 7 enero 2011.

Sistema: 6. SISTEMA DE MANEJO DE EMERGENCIAS CON CLORO GASEOSO

Subsistema: 7. Elementos de protección de los ojos (careta full face)

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
1 Qué pasa si no se incluyen en el alcance del proyecto.	1 Posible afectación de las personas, ante el contacto con una fuga de gas cloro.	Se excluyan del alcance del proyecto.	4	B	M	1 Riesgo potencial. Incidente de fuga de gas cloro 7 enero 2011.

Sistema: 6. SISTEMA DE MANEJO DE EMERGENCIAS CON CLORO GASEOSO

Subsistema: 8. Elementos de protección de la piel: traje Hazmat con botas

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
1 Qué pasa si no se incluyen en el alcance del proyecto.	1 Grave afectación de las personas, ante el contacto directo con una fuga de gas cloro, por no contar con los epps adecuados para esta clase de sustancias.	Se excluyan del alcance del proyecto.	5	C	H	1 Riesgo potencial. Incidente de fuga de gas cloro 7 enero 2011.
	2 Grave y masiva afectación a las personas ante una fuga de gas cloro al no poder controlar un	Se excluyan del alcance del proyecto.	5	C	H	

Sistema: 6. SISTEMA DE MANEJO DE EMERGENCIAS CON CLORO GASEOSO
Subsistema: 8. Elementos de protección de la piel: traje Hazmat con botas

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
	escape de cloro en los contenedores, por no contar con los epps adecuados para este tipo de sustancias.					

Sistema: 6. SISTEMA DE MANEJO DE EMERGENCIAS CON CLORO GASEOSO
Subsistema: 9. Equipos de aire auto contenido

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
1 Qué pasa si no se incluyen en el alcance del proyecto.	1 Grave afectación de las personas, ante el contacto directo con una fuga de gas cloro, por no contar con los epps adecuados para esta clase de sustancias.	Se excluyan del alcance del proyecto.	5	C	H	1 Riesgo potencial. Incidente de fuga de gas cloro 7 enero 2011.
	2 Grave y masiva afectación a las personas ante una fuga de gas	Se excluyan del alcance del	5	C	H	

Sistema: 6. SISTEMA DE MANEJO DE EMERGENCIAS CON CLORO GASEOSO
Subsistema: 9. Equipos de aire auto contenido

PELIGRO						
PELIGRO	CONSECUENCIA	CAUSAS	VALORACIÓN DEL RIESGO			CONSIDERACIONES DE LA VALORACIÓN
			C	P	RAM	
	cloro al no poder controlar un escape de cloro en los contenedores, por no contar con los epps adecuados para este tipo de sustancias.	proyecto.				

RESUMEN POR SISTEMAS

SISTEMAS	SUBSISTEMAS	PELIGRO	CONSECUENCIAS	CONSIDERACIONES
1 SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE CLORO GASEOSO	5	5	7	5
2 SISTEMA DE TRANSPORTE INTERNO DE CLORO GASEOSO	2	2	2	2
3 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE CLORO GASEOSO	5	5	5	5
4 SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE CLORO GASEOSO	6	6	6	6
5 SISTEMA DE CONTROL DE FUGAS DE CLORO GASEOSO	5	5	6	5
6 SISTEMA DE MANEJO DE EMERGENCIAS CON CLORO GASEOSO	9	9	11	9

RESUMEN POR SUBSISTEMAS

SISTEMA	SUBSISTEMA	PELIGRO	CONSECUENCIAS	CONSIDERACIONES
1.SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE CLORO GASEOSO	1.Contenedores (1 ton) alineados para operación /disponibles	1	2	1
	2.Contenedores (1 ton) llenos para utilizar.	1	2	1
	3.Conjuntos de soportes para contenedores	1	1	1
	4.Basculas de medición individual del peso de los contenedores	1	1	1
	5.Conjunto puente grúa, monorriel, barra de izaje	1	1	1
2.SISTEMA DE TRANSPORTE INTERNO DE CLORO GASEOSO	1.Camión grúa	1	1	1
	2.Soportes instalados en la plataforma del camión grúa para asegurar los contenedores	1	1	1
3.SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE CLORO GASEOSO	1.Conjunto de tuberías flexibles - acoples - conectores por	1	1	1

SISTEMA	SUBSISTEMA	PELIGRO	CONSECUENCIAS	CONSIDERACIONES
	cada contenedor en operación / disponible			
	2.Válvulas de conexión tubería flexible con tubería rígida	1	1	1
	3.Conjunto de tubería rígida - acoples - válvulas - conectores hasta llegada al sistema de dosificación de cloro gaseoso	1	1	1
	4.Sistemas de filtración sobre conjunto de tubería rígida de gas cloro	1	1	1
	5.Sistemas de resistencias de calefacción sobre conjunto de tubería rígida de gas cloro	1	1	1
4.SISTEMA DE DOSIFICACIÓN DE CLORO GASEOSO	1.Sistemas de inyección de cloro gaseoso: clorador	1	1	1
	2.Sistemas de	1	1	1

SISTEMA	SUBSISTEMA	PELIGRO	CONSECUENCIAS	CONSIDERACIONES
	resistencias de calefacción sobre clorador			
	3.Sistemas de ajuste de flujo de cloración: Rotámetros	1	1	1
	4.Sistemas de vacío: eyectores	1	1	1
	5.Conjunto de tuberías - accesorios - válvulas - filtros para sistemas de vacío	1	1	1
	6.Conjunto de tuberías - válvulas - accesorios - etc. para distribución de agua clorada hasta los diferentes puntos de aplicación	1	1	1
5.SISTEMA DE CONTROL DE FUGAS DE CLORO GASEOSO	1.Sistemas de detección de fugas de cloro	1	2	1
	2.Sistemas de alarma visual	1	1	1
	3.Sistema de Alarma sonora	1	1	1

SISTEMA	SUBSISTEMA	PELIGRO	CONSECUENCIAS	CONSIDERACIONES
	4. Señal de alarmas en cuarto de control	1	1	1
	5. Sistema de adsorción de fugas de cloro, diseñada para manejar una fuga de 1 tonelada de cloro gaseosa; incluye torre de adsorción, sistema de motor - ventilador, ductos de conducción de la corriente de gas cloro, chimenea de extracción, etc.	1	1	1
6. SISTEMA DE MANEJO DE EMERGENCIAS CON CLORO GASEOSO	1. Facilidad de solución buffer - solución amoniacal de 20 ° Be	1	1	1
	2. Manga veletas indicadoras de la dirección del viento.	1	1	1
	3. Duchas de emergencia y estaciones lava	1	1	1

SISTEMA	SUBSISTEMA	PELIGRO	CONSECUENCIAS	CONSIDERACIONES
	ojos			
	4.Duchas de emergencia de descontaminación.	1	1	1
	5.Llave de seguridad 200, para cierre de contenedores en caso de emergencia	1	1	1
	6.Kit B de manejo de emergencias por fugas de cloro en contenedores de 1 tonelada	1	1	1
	7.Elementos de protección de los ojos (careta full face)	1	1	1
	8.Elementos de protección de la piel: traje Hazmat con botas	1	2	1
	9.Equipos de aire auto contenido	1	2	1