

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCIÓN - REY BALDUINO DE BELGICA

**PROPUESTA DE ANALISIS DE RIESGOS QUE ESTABLECE EL DECRETO
SUPREMO 43, EN UNA PLANTA QUIMICA**

Trabajo de titulación para optar al
Título Profesional de **INGENIERO**
EN PREVENCIÓN DE RIESGOS
LABORALES Y AMBIENTALES

Alumno:
Sebastián San Martín Arroyo

Profesor Guía:
Freddy Pacheco Ríos

INDICE

INTRODUCCIÓN..... 1

OBJETIVO GENERAL..... 2

 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 2

CAPÍTULO 1: PROCESO INDUSTRIAL 3

 1.2. Proceso de producción 4

 1.2.1. Clorato de sodio 4

 1.2.2. Purificación del hidrogeno 4

 1.3. Diagrama de procesos productivo..... 6

CAPÍTULO 2: NORMATIVA 8

 2.1. Normativa aplicable 9

CAPÍTULO 3: MARCO TEORICO 10

 3.1. Conceptos centrales 11

 3.1.1. Sustancia: 11

 3.1.2. Sustancias peligrosas: 11

 3.1.3. Hidrogeno: 11

 3.1.4. Clorato de sodio: 11

 3.1.5. Sustancias peligrosas: 11

 3.1.6. Clasificación de Sustancias peligrosas:..... 11

 3.1.7. Clase 2 gases inflamables: 11

 3.1.8. Clase 5 Sustancias comburentes y peróxidos orgánicos 11

 3.1.9. Sustancias comburentes: 12

 3.1.10. Bodega para sustancias peligrosas 12

 3.1.11. Hoja de datos de seguridad..... 12

CAPITULO 4: MARCO METODOLOGICO 13

 4.1. Manual de métodos de análisis de riesgos y consecuencias 14

 4.2. Análisis de riesgos 14

 4.2.1. Método de Análisis de Riesgos e Identificación Cualitativa. 15

 4.2.1.1. Evento final 16

 4.2.1.2 Eventos Intermedios 16

 4.2.1.3 Eventos básicos 16

 4.2.2. Definiciones de consecuencias 17

 4.2.2.1. Consecuencias Catastróficas o Fatales 17

 4.2.2.2. Consecuencias Graves..... 17

 4.2.2.3. Consecuencias Leves..... 17

 4.2.3. Definiciones de tipo de controles..... 17

 4.2.3.1. Control por Eliminación..... 18

 4.2.3.2. Control por Sustitución (Especificar alternativas) 18

 4.2.3.3 Control de ingeniería..... 18

 4.3. Análisis de consecuencias..... 19

CAPITULO 5: APLICACIÓN DEL ANALISIS DE RIESGOS Y CONSECUENCIA
..... **22**

5.1. Árbol de eventos 23

5.2. Análisis de riesgos 24

5.3. Resultados del análisis de riesgos 27

CAPITULO 6: RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES..... 28

6.1. Recomendaciones 29

6.2. Conclusiones 29

LINKOGRAFÍA..... 31

RESUMEN

El estudio se centrará en un análisis de riesgos de carácter cualitativo de una planta química que produce clorato de sodio y este mismo es almacenado en una bodega de sustancias peligrosas, nuestra base de este análisis será el decreto supremo 43 y el manual de metodología de análisis de riesgos y consecuencias, dentro de otros documentos de investigación. Generando el análisis de riesgos relacionados a un árbol de eventos que conlleve a una falla final, dictaremos las medidas de control para prevenir o reducir en lo más posible la probabilidad de ocurrencia de esta falla final o cadena de sucesos que la produzca. Con los resultados evidenciaremos si la mayoría de los eventos generan consecuencias graves o leves y se desarrollara un pequeño análisis de esto. Finalmente daré a conocer las recomendaciones para el estudio y mencionare las conclusiones abarcando si hubo un escenario positivo al cumplir con los objetivos planteados.

INTRODUCCIÓN

Una organización que almacene sustancias peligrosas debe regirse por el decreto supremo 43, este decreto indica y establece las disposiciones para el correcto almacenamiento de sustancias peligrosas y desarrolla las especificaciones para las diferentes clases de sustancias con sus respectivas divisiones. En este caso se estudió una planta química que produce clorato de sodio y posee una bodega donde almacena este producto que es principalmente usado para producir dióxido de cloro como agente blanqueador para la industria de papel.

El estudio abarcara un análisis de riesgos como lo requiere el decreto supremo en su artículo 5 y que detalla en el artículo 45 del decreto mencionado. Cabe mencionar que este estudio de análisis de riesgos es de carácter ingenieril y debe ser efectuado solo por personal idóneo, si bien el artículo 5 del decreto establece varios requerimientos para la autorización sanitaria, nos enfocaremos en el análisis de riesgos de una bodega de almacenamiento de clorato de sodio.

Con el análisis identificaremos un posible evento o falla finales que será efecto de eventos intermedios y estos será producidos por eventos básicos, los cuales desarrollaremos de tal manera que al momento de indicar las consecuencias estableceremos medidas de controles variadas dependiendo del grado de consecuencia (grave-leve).

Tras tener resultados sobre los eventos y el análisis de riesgos de esos eventos, traduciremos las consecuencias graves y leves que pueden incidir en la planta, posteriormente mencionaremos recomendaciones con respecto al por que debe realizarse el análisis de riesgos y consecuencias.

OBJETIVO GENERAL

- Desarrollar una propuesta del análisis de riesgos que establece el decreto supremo 43, en una planta química.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Desarrollar un árbol de eventos que establece el manual de métodos de análisis de riesgos.
- Evaluar las consecuencias de los eventos y medidas de control respectivamente.
- Diagnosticar la proporción de las consecuencias de un posible evento o falla final

CAPÍTULO 1: PROCESO INDUSTRIAL

1.2. Proceso de producción

El proceso de fabricación de clorato de sodio es un proceso continuo, que opera las 24 horas del día y los 360 días del año, la planta contiene una flexibilidad para trabajar entre 18 y 56 MW, equivalente a la producción de 3,5 a 10 toneladas por hora. En periodos cortos de tiempo se puede modular hasta 12 MW de consumo eléctrico, equivalente a 2,2 toneladas por hora (mínimo para la mantención del balance de calor y que la planta no colapse térmicamente).

La capacidad de producción es controlada a través de la carga eléctrica que se aplica a las líneas de producción desde los rectificadores. El proceso se opera a través de un sistema de control distribuido (DCS) que supervisa y mantiene dentro de los rangos requeridos las variables de procesos fundamentales como: pH, temperatura, presión, niveles de estanques, vacíos, flujos, etc.

El clorato de sodio producto que: en la planta se elabora es obtenido industrialmente por el fenómeno del electrolisis a partir de una solución acuosa (salmuera) saturada en cloruro de sodio (NaCl).

1.2.1. Clorato de sodio

El producto clorato de sodio (NaClO_3) es un compuesto oxidante, sodio, cristalino y de color blanco, que se utiliza como base para el blanqueo de la pulpa y el papel. Se obtiene por la electrolisis de cloruro de sodio (NaCl) en solución acuosa (salmuera) y el proceso se efectúa en 3 baterías de celdas electrolíticas donde se extrae la solución de clorato de sodio (electrolito) el que es filtrado y cristalizado en equipos de vacío y finalmente el clorato en forma de cristal es almacenado a granel o en bolsas de 1 tonelada métrica, para ser despachadas a clientes en carros de ferrocarril o camiones semi remolques.

Representación de la reacción química del proceso de producción, específicamente es la ecuación de la electrolisis.



1.2.2. Purificación del hidrogeno

El hidrogeno que se obtiene como subproducto del proceso de electrolisis es utilizado en la planta como combustible para una parte de su proceso, con el fin de generar vapor, el cual es requerido para sistemas de calefacción y también para los sistemas de vacío de los cristalizadores.

La purificación se desarrolla por la vía de la precipitación con soda caustica y ceniza de soda en un decantador de extracción continua, la que es filtrada en filtros de paño, mientras que la borra o desperdicio resultante es retenido en los filtros de prensa y sometida a un proceso de lavado con salmuera pura desmineralizada y secada con aire.

El denominado queque resultante, neutro y cuyo principal contenido es el hidróxido de magnesio, carbonato de calcio y óxido de hierro, es desechado sin problemas en un relleno sanitario autorizado. Posteriormente la salmuera es sometida a una desmineralización en un lecho de intercambio iónico para eliminar los restos de calcio y magnesio remanente.

El lecho es regenerado con soda caustica y ácido clorhídrico, así mismo con la precipitación del agua desmineralizada para el proceso y la alimentación de las calderas. Estos elementos son almacenados en un estanque ad-hoc y después son retornados a la disolución de sal. La solución de salmuera pura es alimentada a un evaporador a vacío donde cristaliza sal ultrapura, la que es separada en un paso por los filtros de banda y finalmente es inyectada junto con el agua a las celdas electrolíticas, en donde, por el paso de la corriente, es transformada a clorato de sodio en solución.

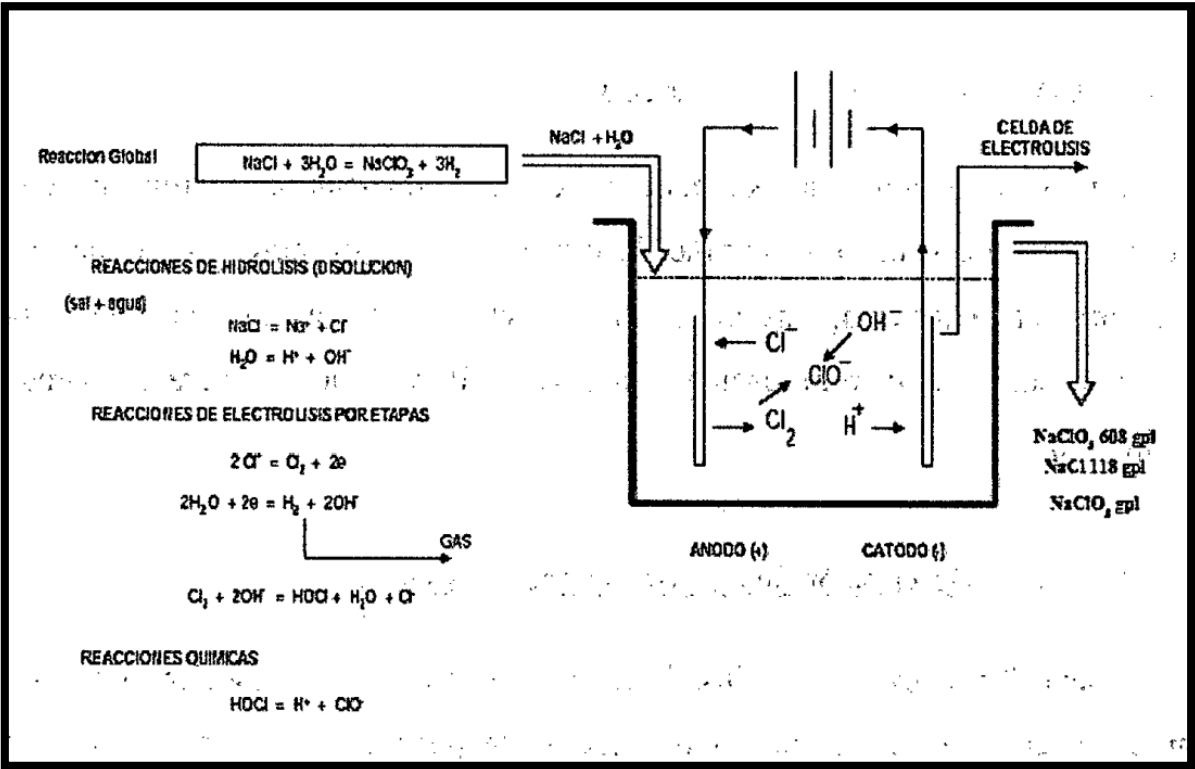
Un anterior proceso de cristalización al vacío y separación (centrifugación o paso por un filtro de mesa) permite alcanzar el producto terminado que se almacena en los silos de acumulación o en bolsas de 1 tonelada. Previo a la cristalización, la solución de clorato es filtrada en filtros de paño y prensa, el residuo que puede contener trazas de algunos metales pesados como el cromo, que se usa como buffer en la solución, es lavado y disuelto al sistema.

Como se mencionaba al comienzo de este punto, el proceso electrolítico, genera hidrogeno como subproducto con un 0,2% de cloro, el cual debe ser lavado en torres que usan como absorbente el agua, licor madre y soda caustica. Una vez que es lavado ya se encuentra en condiciones de ser utilizado como combustible para las 2 calderas que posee la planta, pero previo a ello, deben ser sometidas al paso de un filtro de carbón activado, el cual será el encargado de eliminar las ultimas impurezas pertenecientes al hidrogeno. Cabe mencionar que todo aquel hidrogeno que no sea utilizado como combustible es venteado a la atmosfera, todo ello debido a que se encuentra en óptimas condiciones y ya no presenta ningún tipo de riesgo.

1.3. Diagrama de procesos productivo

Como se puede observar; la sal de roca viene en los camiones desde las zonas nortinas del país, es depositada en silos de sal en donde es almacenada para su posterior uso, a fin de ser utilizada a medida que sea necesaria en las piscinas de sal, de ahí mediante bombas de pozo, las cuales la impulsan al tanque pulmón de salmuera, desde donde son dirigidas al reactor decantador de solidos gruesos en donde se le añade hidróxido de sodio más conocido como soda caustica y carbonato de sodio, de ahí son enviados a un filtro de vela en donde se eliminan impurezas presentes en la mezcla y destinándola al tanque de salmuera filtrada en donde una bomba la impulsa a un intercambiador iónico, en él se separan las sales con cationes y aniones del agua de la línea para finalmente dejarlo en un estanque de salmuera pura.

Al proceso se le inyecta agua caliente y vapor para el hervidor de salmuera, por otra parte, un evaporador de salmuera junto con un enfriador están sacando el condensado del evaporador, la mezcla salina se dirige a unos filtros de banda en donde es lavada y enviada al pre disolvedor de salmuera y finalmente a un reactor en una de las baterías, en donde es distribuida la mezcla en las celdas por proceso de decantación, en ellas se les inyecta un pulso eléctrico formándose de proceso de electrolisis descrito a continuación.



Luego es dirigido a la zona de purificación de batería 2, en la cual, por medio de un actual equipo eyector, es impulsada por las torres de lavado enviando una parte del hidrogeno resultante a calderas y lo sobrante es enviado atmosfera en donde se pierde.

Por otra parte, el reactor también dirige la mezcla a un hipo reactor, el cual distribuye a los filtros de electrolito y posterior a ellos, llegando a los cristalizadores, van a un filtro de mesa, donde finalmente el producto es enviado a los tornillos conveyor, en donde son impulsados hasta el área de carga de carros y lo demás es almacenado en los tambores metálicos o sacos de clorato, proceso similar que se realiza en las otras 2 baterías exceptuando la zona de filtración de electrolito, en donde el agua del proceso entra contaminada, es decir, es donde se acumula el efluente (agua contaminada) y por proceso de decantación llega a la torre aledaña en la cual se efectúa el tratamiento del efluente, eliminando el calcio en donde existe una tolerancia de >1200 desde el orden de 2 ppm y una vez más por tema de decantación, el agua llegara pura a la última torre y ahora puede ser acumulada en ella para volver a ser usada en algún tipo de proceso.

CAPÍTULO 2: NORMATIVA

2.1. Normativa aplicable

- Art.184. Código del trabajo. Deberes del empleador.
- Ley 16744 Normas sobre accidentes del trabajo y enfermedades profesionales.
- Ds.43 Aprueba el reglamento de almacenamiento de sustancias peligrosas.
- Norma chilena 2245:2015. Hoja de datos de seguridad
- Norma chilena 382:2013. Clasificación de sustancias químicas, clases y divisiones.
- Ds.40 Reglamento sobre prevención de riesgos profesionales.
- OHSAS - 18001, Riesgos laborales: Satisfacer a los trabajadores, garantizar un ambiente de trabajo sano, seguro y productivo.
- ISO - 9001, Calidad: Satisfacer al cliente y consumidor.
- ISO —.14001, Medio ambiente: Satisfacer a la sociedad. contribuir al desarrollo sostenible.

CAPÍTULO 3: MARCO TEORICO

3.1. Conceptos centrales

3.1.1. Sustancia: Componente principal de los cuerpos, susceptible de toda clase de formas y de sufrir cambios, que se caracteriza por un conjunto de propiedades físicas o químicas, perceptibles a través de los sentidos.

3.1.2. Sustancias peligrosas: Son aquellas que por su naturaleza producen o pueden producir daños momentáneos o permanentes a la salud humana, animal o vegetal y a los elementos materiales, tales como instalaciones, maquinarias y edificios.

3.1.3. Hidrogeno: El hidrógeno es el primer elemento de la tabla periódica. Es el elemento químico más ligero que existe, su átomo está formado por un protón y un electrón y es estable en forma de molécula diatómica (H₂).

3.1.4. Clorato de sodio: El clorato de sodio es un compuesto químico cuya fórmula es NaClO₃. En forma pura, es un polvo cristalino blanco que es fácilmente soluble en agua; es además higroscópico. Se descompone por encima de 250 °C para liberar oxígeno y dejar un residuo de cloruro de sodio.

3.1.5. Sustancias peligrosas: Se entiende por sustancias peligrosas aquellas que puedan significar un riesgo para la salud, la seguridad o el bienestar de los seres humanos y animales.

3.1.6. Clasificación de Sustancias peligrosas: Dichas sustancias han sido clasificadas en las siguientes 9 clases:

- Clase 1 Explosivos
- Clase 2 Gases
- Clase 3 Líquidos inflamable
- Clase 4 Sólidos inflamables
- Clase 5 Sustancias comburentes y peróxidos orgánicos
- Clase 6 Sustancias tóxicas e infecciosas
- Clase 7 Sustancias radioactivas
- Clase 8 Sustancias corrosivas
- Clase 9 Sustancias objetos y varios

3.1.7. Clase 2 gases inflamables: Los gases inflamables son gases que prenden fácilmente en presencia del aire o de un oxidante. Las mezclas de estos gases también pueden ser explosivos dependiendo de la proporción.

3.1.8. Clase 5 Sustancias comburentes y peróxidos orgánicos: Esta clase de sustancias se dividen en dos apartados, los cuales serían

- Sustancias comburentes
- Peróxidos orgánicos

3.1.9. Sustancias comburentes: Sustancias o mezclas de ellas, que proporcionan el oxígeno u otro elemento químico necesario para una combustión, acrecentando el riesgo de incendio de otras materias con las que entran en contacto o aumentando la intensidad con la que estas arden.

3.1.10. Bodega para sustancias peligrosas: Recinto o instalación destinada al almacenamiento de sustancias peligrosas, donde puede haber más de una clase o división de estas últimas.

3.1.11. Hoja de datos de seguridad: La Hojas de Datos de Seguridad (HDS), son documentos por escrito en idioma español de la información sobre las condiciones de seguridad e higiene necesarias, relativa a cada una de las sustancias químicas peligrosas, que sirve como base para programas escritos de comunicación de peligros y riesgos en el centro de trabajo.

CAPITULO 4: MARCO METODOLOGICO

4.1. Manual de métodos de análisis de riesgos y consecuencias

El Decreto Supremo 43, ha incorporado el estudio de riesgo y análisis de consecuencias, como instrumentos válidos para la evaluación de los riesgos de las operaciones de almacenamiento de sustancias peligrosas, con el objetivo de reducir los riesgos asociados.

Bajo este escenario el Ministerio de Salud ha elaborado un Manual a modo de complemento al D.S. 43/2015, con el objeto de detallar las metodologías que deberán ser utilizadas, a fin de homologar y homogenizar los criterios de aplicación para el uso de estas herramientas.

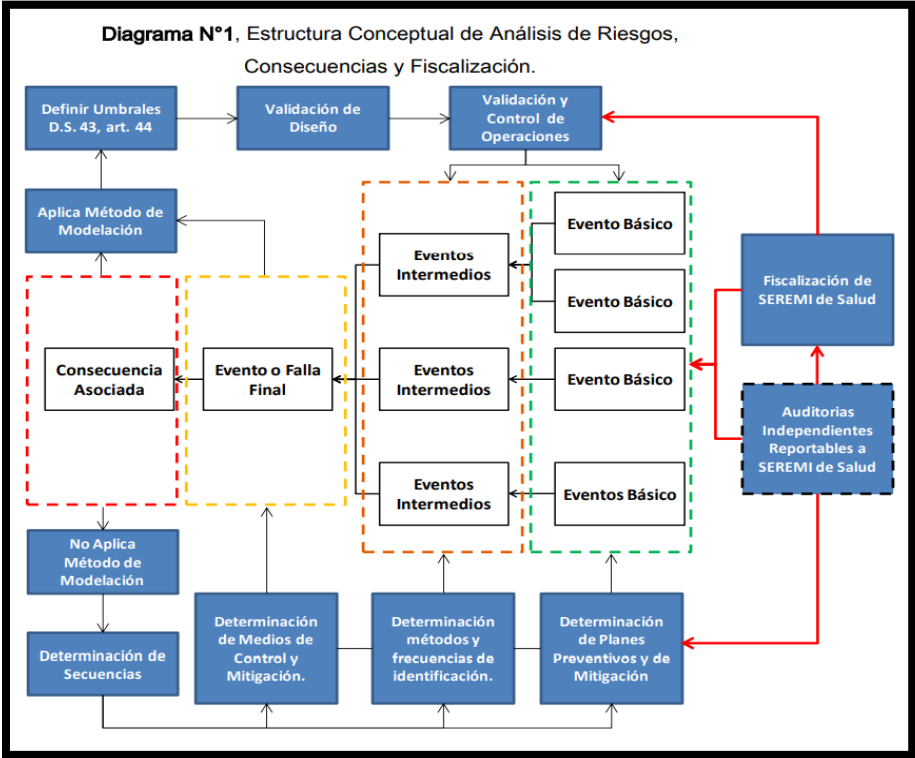
Cabe destacar que este estudio se enfocara en los análisis relacionados a la sustancia identificada anteriormente como el clorato de sodio; solido comburente de clase 5.

4.2. Análisis de riesgos

El manual se efectuó con la finalidad de estandarizar una metodología simple de poder generar un análisis de riesgos de forma acotada con los respectivos escenarios posibles y los modelos de aplicación. Los objetivos que persigue la metodología de análisis de riesgos son los siguientes:

- Identificar tanto los lugares de almacenamiento de sustancias peligrosas como los procesos involucrados a éstos que podrían desencadenar accidentes mayores.
- Establecer la secuencia de situaciones que pueden desencadenar el evento que podría comprometer a la comunidad, la instalación y otros elementos vulnerables.
- Determinar la adopción de medidas preventivas, contención y mitigación de los eventos secuenciales de tal forma de evitar su ocurrencia o reducir sus efectos, permitiendo que la secuencia no desencadene el efecto final.

El modelo de aplicación del sistema de análisis de riesgos y análisis de consecuencias, en conjunto con los elementos que deben requerirse y validarse, se plantean en una estructura que permita el seguimiento, sostenimiento y control, lo cual se plantea en el siguiente diagrama:



Este diagrama inicia con el proceso de identificación de las potenciales consecuencias y el análisis de los eventos intermedios y básicos que lo originarían y sobre los cuales de realizarse gestiones preventivas y habilitación de medios de control conforme al nivel esperado de las consecuencias. Si la consecuencia identificada a través de los análisis correspondientes cuenta con un método de evaluación, se procederá a desarrollarlo y evaluar sus resultados en relación con los parámetros que indica la legislación correspondiente y validar el diseño de las instalaciones o si requieren modificación para contener el evento. En caso contrario, se procederá a detallar la secuencia de eventos que desencadenan la consecuencia y cada una de sus fases deberá contar con sistemas de control preventivo objetivo, validable y eficaz. Se señala que independiente de la forma de abordar el análisis de riesgos, ya sea de la cuantificación de las consecuencias o el desarrollo de las secuencias que desencadenan el evento, ambas llegan a establecer parámetros de identificación, prevención, control y mitigación de potenciales situaciones peligrosas en las instalaciones de almacenamiento.

4.2.1. Método de Análisis de Riesgos e Identificación Cualitativa.

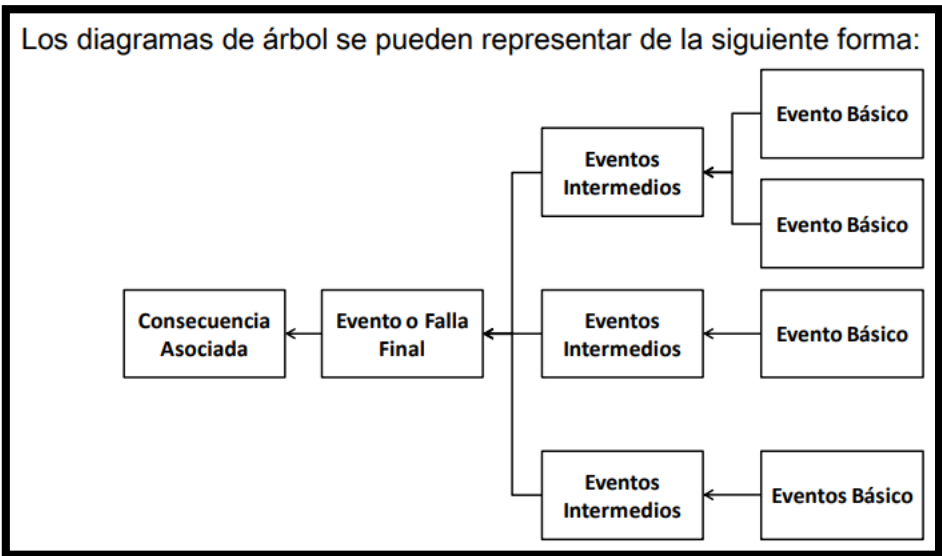
Esta metodología se aplicará a todas las instalaciones de almacenamiento de sustancias químicas peligrosas, que requieran de autorización de almacenamiento, en base a lo establecido en el artículo 5 del D.S. 43/2015, cumpliendo con el objetivo de identificar situaciones mayores que puedan ocurrir en las operaciones, determinando los eventos que pueden determinar su ocurrencia y determinando medidas de prevención y control.

Las metodologías de análisis de riesgos son variadas, por ende, nos enfocaremos en los análisis de riesgos cualitativos mediante el desarrollo de diagramas de árbol, de tal forma de lograr establecer la secuencia de un potencial fallo en un sistema, operación o proceso.

Esta metodología sólo plantea la identificación de la secuencia que permitiría la ocurrencia del accidente mayor, definiendo sus etapas y con ello el requerimiento de implementar medidas preventivas, de contención o control.

El método simplificado permite establecer:

- Evento final
- Eventos intermedios
- Eventos básicos de la secuencia



Las siguientes definiciones representan a los elementos presentados en el diagrama del árbol:

4.2.1.1. Evento final

Falla potencial o efectiva que se producirá finalmente y que pueden tener consecuencias variadas, lo cual permitirá identificar los daños potenciales del evento. Las situaciones finales pueden abarcar desde fallas estructurales como rupturas, colapsos, desplomes o eventos equivalentes con los efectos identificados, los cuales en algunos casos podrán dimensionarse en cantidad o energía.

4.2.1.2 Eventos Intermedios

Podrían definirse como fallas o situaciones que pueden presentarse durante las operaciones que pueden o no, llegar a desencadenar un evento por sí solos. Estos elementos se identifican en el diagrama de árbol con la finalidad de establecer medios preventivos de verificación sistemática en los procesos, tales como inspecciones, auditorías u observaciones de protocolos de trabajo, de tal forma de identificar potenciales fallas prematuramente y lograr tomar acción sobre desviaciones potenciales que sean detectadas.

4.2.1.3 Eventos básicos

Los eventos básicos son los iniciadores de la secuencia y sobre los cuales se deben plantear métodos tecnológicos o acciones administrativas orientadas a la prevención y reducción de

probabilidad de ocurrencia, lo cual debe ser consecuente con el nivel de daños (Consecuencias) que pueda ocasionar el fallo final.

He de mencionar que para el análisis de riesgos de carácter cualitativo también podrá optar por otros métodos alternativos los cuales son:

- Análisis causa – efecto
- Análisis Ishikawa – espina de pescado
- Hazard Analysis Critical Control Points. (HACCP)
- Hazard and Operability. (HAZOP)

4.2.2. Definiciones de consecuencias

Las medidas de control que se estipulen a continuación se respaldaran en base a los estándares de prevención y control de riesgos, con respecto a:

4.2.2.1. Consecuencias Catastróficas o Fatales

Todas aquellas situaciones que involucren sustancias peligrosas y que por su naturaleza pueden ocasionar daños tanto interna como externamente en las instalaciones, existiendo riesgo de pérdida total de los recintos industriales, lesiones graves (Efectos Crónicos) y/o fatales en los sectores de las inmediaciones afectando a la población.

4.2.2.2. Consecuencias Graves

Entendiéndose todas aquellas situaciones que involucren sustancias peligrosas y que por su naturaleza pueden ocasionar daños graves al interior de las instalaciones y/o lesiones graves (Efectos agudos, Incapacitantes) a los trabajadores, pero que quedarán confinados a los límites de la propiedad no generando efectos peligrosos en la población de las inmediaciones, pese a advertir algunos de sus efectos generando molestias.

4.2.2.3. Consecuencias Leves

Entendiéndose todas aquellas situaciones que involucren sustancias peligrosas y que por su naturaleza pueden ocasionar daños menores en las instalaciones internas y con lesiones menores a los trabajadores (No Incapacitantes, sin efectos limitantes), lo cual quedará contenido en los límites de la propiedad y que no serán advertidos por la población de las inmediaciones o generará molestias leves.

4.2.3. Definiciones de tipo de controles

Definiremos los distintos tipos de control los cuales podemos abordar en el análisis de riesgos.

4.2.3.1. Control por Eliminación

Corresponde al control que se realiza una vez estimadas las potenciales consecuencias y que llevan a tomar decisiones en relación con eliminar las instalaciones, operaciones, procesos y tareas que pueden ocasionar el accidente tecnológico de magnitudes catastróficas y fatales.

4.2.3.2. Control por Sustitución (Especificar alternativas)

Corresponde al control que tiene por objetivo sustituir o reemplazar los agentes peligrosos que pueden desencadenar un accidente tecnológico de magnitudes catastróficas, graves o fatales, lo cual puede aplicar a nivel de materias primas, tecnología, operaciones o procesos.

4.2.3.3 Control de ingeniería

Corresponden a todos aquellos controles orientados a establecer diseños seguros mediante la aplicación de normas de diseño que permitan reducir drásticamente la probabilidad de ocurrencia de un accidente tecnológico de magnitudes catastróficas, graves y fatales con sustancias químicas peligrosas, como también reducir el nivel de impacto en caso de fallas, desarrollando sistemas (protección activa), barreras o separaciones (protecciones pasivas) que permitan tanto evitar el fallo como mitigar sus efectos o dar los tiempos necesarios para una respuesta de emergencias.

Entonces, de esta forma ya teniendo identificados y definidos los parámetros de consecuencia y control se puede resumir en una siguiente tabla:

Tipo de consecuencia	Tipo de control
Catastroficas o fatales	Eliminacion, sustitucion, control de ingenieria
Graves	Controles de Ingeniería, considerando las protecciones exigidas por el reglamento u otras medidas adicionales de ingeniería que sean necesarias para reducir los efectos en los trabajadores de la empresa o instalaciones internas que puedan verse afectadas.
Leves	Cumplimiento de los requerimientos del reglamento de almacenamiento de sustancias peligrosas y todas aquellas definidas en la legislación.

4.3. Análisis de consecuencias

Bueno. Si bien estamos hablando de los riegos y el estudio de análisis de una bodega de clorato de sodio que se presente en una planta química. Es necesario abordar la otra cara de este manual metodológico que estipula el análisis de consecuencias, sin embargo, Esta metodología se utilizará de acuerdo con lo establecido en los artículos 10, 44, 49, 83, 91, 116, 131, 153, 161, 162, 163, para los siguientes casos:

- ♣ Cuando se requiera almacenar mayor cantidad a lo máximo establecido para el almacenamiento en bodegas de las clases 2.1, 3, 4.3.
- ♣ Bodegas de sustancias peligrosas existentes, que no den cumplimiento a los distanciamientos establecidos en el reglamento.
- ♣ Bodegas de sustancias inflamables que almacenen más de 30 ton. para establecer distanciamiento a otra construcción, en caso de no utilizar distanciamientos establecidos en el decreto.
- ♣ Almacenamiento de sólidos en pilas a granel al aire libre.
- ♣ Estanques superficiales existentes que almacenen sustancias inflamables y no cumplan con el distanciamiento establecido.
- ♣ Estanques superficiales mayores a 20 m³ que almacenen gases inflamables.
- ♣ Estanques superficiales que almacenen líquidos inflamables, no inflamables y gases, que estén ubicados al interior de zonas de producción y no den cumplimiento a los distanciamientos establecidos.
- ♣ En el caso de zonas mixtas que se supere la cantidad máxima establecida.

Los análisis de consecuencia tienen la finalidad de cuantificar el nivel de las consecuencias de un evento en particular asociado a un accidente tecnológico, determinando los niveles de energía o concentración en base a umbrales definidos con los cuales se puede evaluar el nivel de los impactos esperados.

Estos análisis por lo general son utilizados en fase de diseño o ingeniería conceptual para establecer las características de resistencia de las estructuras que estarán destinadas a protección pasiva por contención, elementos supresores, inhibidores, deflectores o mitigantes de los efectos esperados.

Tabla N°1: Clase de Sustancia y Requerimiento de Análisis o Modelo

CLASE	SUSTANCIA	D.S.43	MODELOS
2.1	Gases Inflamables	Aplica	Dardos de Fuego – BLEVE – TNT y Radiación Térmica.
2.2	Gases No Inflamables	Aplica	En caso que el gas cuente con AEGL 3 (30 min.) en su defecto ERPG 3, TEEL 3 o finalmente IDHL, debe utilizarse el modelo de dispersión determinando concentración.
2.3	Gases Tóxicos	Aplica	Aplicar modelos de dispersión en los casos que el análisis de riesgo identifique fugas
CLASE	SUSTANCIA	D.S.43	MODELOS
			masivas del total del contenido. (AEGL 3 (30 min.) en su defecto ERPG 3, TEEL 3 o finalmente IDHL)
3	Líquidos Inflamables	Aplica	Radiación Térmica.
4.1	Sólido Inflamable	Aplica	Análisis de Riesgos, Identificación Cualitativa
4.2	Sólidos con Riesgo de Combustión Espontánea	Aplica	Análisis de Riesgos, Identificación Cualitativa.
4.3	Sustancias que en contacto con el agua desprenden gases inflamables	Aplica	Radiación Térmica – Modelo TNT
5.1	Sustancias Comburentes	Aplica	En los casos que corresponda se deberá evaluar en base a explosiones químicas.
5.2	Peróxidos Orgánicos		
6.1	Sustancias Venenosas	Aplica	Aplicar modelos de dispersión para sustancias líquidas. AEGL 3 (30 min.) en su defecto ERPG 3, TEEL 3 o finalmente IDHL)
8	Sustancias Corrosivas	Aplica	Aplicar modelos de dispersión para sustancias líquidas. AEGL 3 (30 min.) en su defecto ERPG 3, TEEL 3 o finalmente IDHL)
9	Sustancias Peligrosas Varias	Aplica	Aplicar modelos de dispersión para sustancias líquidas. AEGL 3 (30 min.) en su defecto ERPG 3, TEEL 3 o finalmente IDHL.

El manual metodológico de análisis de riesgos y consecuencias deben ser integrados bajo las disposiciones que establece el decreto supremo 43. Esto no quiere decir que deban ser implementadas de por si juntas. Y es así como pasa en este caso en particular ya que se evalúa una planta química que produce y almaceno clorato de sodio principalmente, es por ello que en este caso no se puede efectuar el análisis de consecuencias ya que esta planta química no presenta los escenarios mencionados anteriormente en los artículos que se necesita según esta metodología.

Sin embargo, quise definir de alguna forma como es el análisis de consecuencias y los distintos modelos que son clasificados con sus respectivas clases de sustancias, que mencionan las metodologías de cálculo para cuantificar la eventual consecuencia. Para este caso en particular no se reúnen las condiciones para este cálculo. Es por eso que solo debemos

construir el análisis de riesgos median un diagrama de árbol de causalidad que veremos posteriormente.

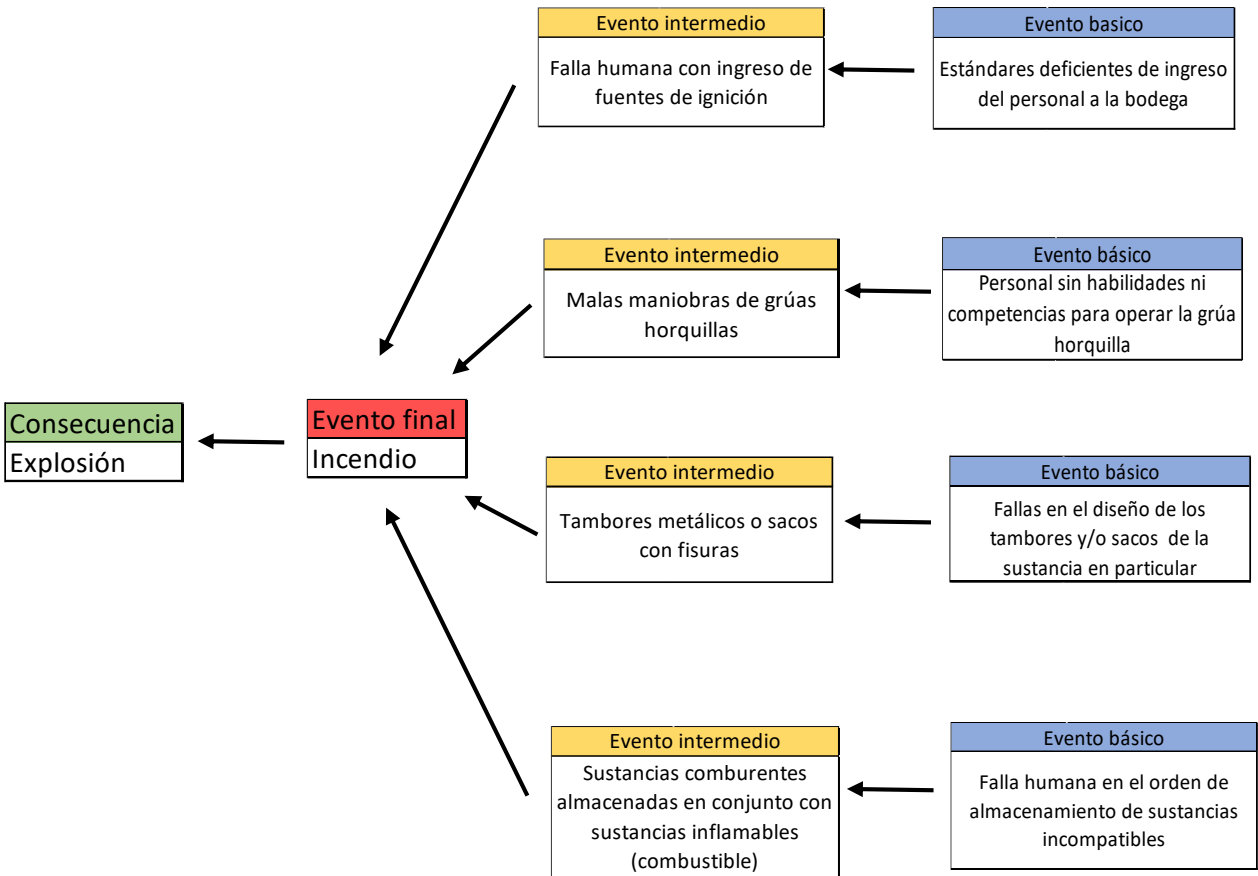
CAPITULO 5: APLICACIÓN DEL ANALISIS DE RIESGOS Y CONSECUENCIA

Ya hemos definido los diferentes eventos que puedan desencadenar un tipo de riesgo en un proceso productivo, también se logró identificar las consecuencias asociadas al tipo de sustancia que se trata, se manipula o almacena en una cierta organización y agregar que se plantean tipos de controles para cada consecuencia, eso nos permitirá ir delante de cada suceso o acontecimiento que proporcione un tipo de riesgo, es decir, hacer la prevención de estos incidentes que pueden variar de fatales o catastróficas, graves o leves.

5.1. Árbol de eventos

Entonces en este apartado del estudio evidenciaremos, de forma cualitativa como indica la metodología de trabajo sobre el análisis de riesgos y consecuencias, los posibles eventos básico, intermedio, falla final y posteriormente la consecuencia asociada con respecto a la empresa química que produce y almacenan clorato de sodio (NaClO₃). Además de proporcionar las medidas de control destinados para cada suceso en la empresa química.

A continuación, definiremos los eventos básicos, intermedios, falla final y la consecuencia asociada:



5.2. Análisis de riesgos

Una vez identificado los posibles eventos, de acuerdo con el manual de análisis de riesgos y consecuencias que lo establece el D.S. 43, debemos clasificar las consecuencias de cada uno de estos eventos con sus respectivas medidas de control de riesgos.

El evento o falla final debe contemplar el modelo de análisis de consecuencia que estipula el manual.

Evento o Falla final	Consecuencia	Modelo de análisis
Incendio de material comburente	<u>Catastrófica:</u> Explosión, debido a la gran liberación de energía de la sustancia comburente (reacción exotérmica)	• Identificación de los eventos básicos e implementación de medios de prevención y mitigación.

He de recordar que las consecuencias pueden ser de carácter catastróficas o fatales, graves y leves. Estas se relacionan con los tipos de controles apropiados para evitar las consecuencias.

		Consecuencias	Medio Preventivo
Eventos intermedios	Falla humana con ingreso de fuentes de ignición	Grave: Explosiones con daños a estructuras dentro de las instalaciones	a) Instalar un puesto de control de ingreso con material pertinente para la bodega b) Instalar un sistema de extinción en caso de no poseer
	Fallas en maniobras de grúas horquillas	Leve: Caída de Materiales, Ruptura de Envases o Contenedores, Choque con estructuras. (Pueden ser eventos finales)	a) Evaluar el perfil de competencias para operador de grúa horquilla b) Verificación con registro de la licencia clase D de los operarios c) Observaciones diarias a operadores de maniobras (registro) d) Procedimiento de inspección y mantenimiento a la maquinaria
	Tambores metálicos o sacos con fisuras	Leve: Derrame y exposición a temperaturas no idóneas para sustancias comburentes. Potencial amago de incendio	a) Inspecciones a la bodega sobre los contenedores de la sustancia peligrosa (registro) b) Evaluación a la calidad de los contenedores
	Sustancias comburentes almacenadas en conjunto con solidos inflamables (combustible)	Grave: incendio dentro de la instalaciones. Potencial de explosión	a) Instalar una bodega de acuerdo al reglamento sobre el almacenamiento de sustancias combustibles ya sea para líquidos o sólidos. b) Instalación de muros corta fuego entre las bodegas, con rf (resistencia al fuego) apropiado c) Capacitar al personal sobre sustancias incompatibles por sus posibles riesgos.

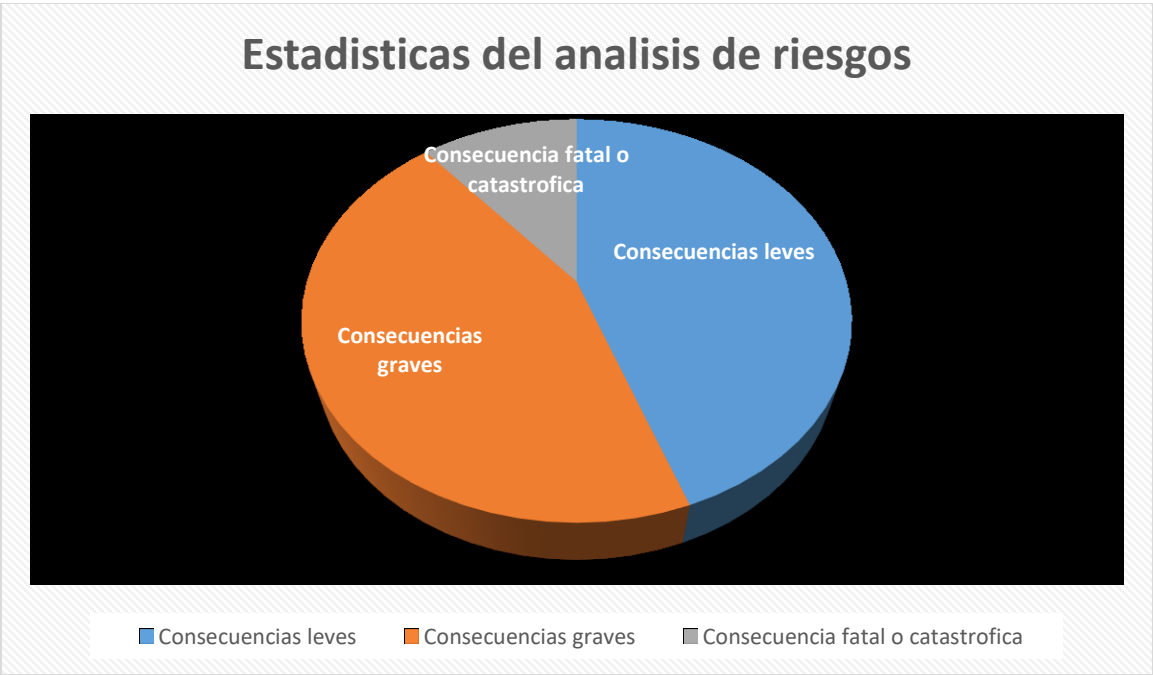
Eventos básicos	Estándares deficientes de seguridad al ingreso del personal a la bodega	Grave: incendio dentro de la instalaciones. Potencial de explosión	a) Establecer control de ingreso para trabajadores, clientes o visitas a la bodega de sustancias peligrosas. b) Indicar prohibiciones por medio de señaléticas y reglamento sobre el ingreso de materiales con fuente de ignición, materiales o vestimenta que sean combustibles. c) Establecer un procedimiento de operaciones de la bodega de sustancias peligrosas conforme a lo que establece el D.S. 43 en su artículo 12.
	Personal sin habilidades ni competencias para operar la grúa horquilla	Leve: Caída de Materiales, Ruptura de Envases o Contenedores, Choque con estructuras. (Pueden ser eventos finales)	a) Generar un perfil de competencias para operador de grúa horquilla b) Plan de entrenamiento a operadores c) Definir planes y programas de formación, observación de desempeño
	Fallas en el diseño de los tambores y/o sacos de la sustancia en particular	Leve: Amago de incendio, derrame de sustancias comburentes y nocivo a la piel	a) Establecer mejoras o cambios con respecto al proveedor de los contenedores b) Inspecciones a la estructuras metálicas o ya sea donde se ubiquen los tambores y/o sacos
	Falla humana en el orden de almacenamiento de sustancias incompatibles	Leve: Amago de incendio por almacenamiento de sustancias incompatibles	a) Se deberá capacitar a los trabajadores sobre el almacenamiento correcto de la sustancia peligrosa en base a la matriz de incompatibilidad química que establece el D.S. 43 con la ayuda de la hoja de datos de seguridad. b) Disponer con la hoja de datos de seguridad en base a la Noche 2245:2015 (clorato de sodio en este caso) c) Generar un levantamiento de la sustancias incompatibles con respecto a la sustancia almacenada, con respecto a lo que indica el D.S. 43 art. 17 y poder establecer las distancias pertinentes entre ellas. d) Capacitación de manejo y uso de extintores o métodos de apagar un posible incendio de sustancias comburentes, siguiendo las indicaciones de la HDS.

5.3. Resultados del análisis de riesgos

Como se puede apreciar en el análisis un 50% de los eventos desatan consecuencias graves lo cual es un indicador sumamente suficiente para determinar que el clorato de sodio es una sustancia sumamente peligrosa al momento de no tener los cuidados pertinentes en su almacenamiento. Y si bien, los eventos que declaran una consecuencia leve también pueden terminar en eventos finales. Lo que genera una mayor importancia en el análisis de estos riesgos.

El que la mitad eventos genere consecuencia grave, deja en claro que los medios de control de riesgos abarcan un poco más de ámbito de ingeniería y no del carácter tan administrativo o de uso de epp. Esto solo es con el fin de poder reducir lo más posible los riegos asociados que conlleve un evento y no se produzca una secuencia de eventos que pueda generar una explosión, ya que esta puede producir pérdidas materiales, infraestructura, humanas y en el peor de los casos generar daños a comunidades cercanas al sitio del suceso.

Dentro del análisis de riesgos establecimos algunas de las medidas de control de ingeniería, las cuales van desde una instalación de bodega para sustancias que no son compatibles entre sí y no puedan almacenarse en conjunto, también implementar un sistema de extinción de incendio, este debe ser con agua solamente ya que la hoja de datos de seguridad del clorato de sodio establece que está prohibido utilizar métodos como polo químico seco, espuma, entre otros. Otro tipo de control de ingeniería es mejorar las características constructivas de tal forma de conseguir la contención de la energía máxima que podría disiparse en un fenómeno peligroso.



CAPITULO 6: RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

6.1. Recomendaciones

El estudio de análisis de riesgos de carácter cualitativo es importante ya que nos permite identificar las posibles fallas o eventos finales que pueden suceder en una bodega de almacenamiento de sustancias peligrosas. Dejando en claro que es de suma importancia efectuar el análisis. Es por ello por lo que establecemos estas recomendaciones:

- Es una obligación que estipula el decreto supremo 43 en el artículo 5 para poder acceder a la autorización sanitaria.
- Usar el manual de metodología de análisis de riesgos y consecuencias proporcionado por el ministerio de salud.
- Se puede abarcar el análisis de consecuencias. Es decir. El análisis de riesgos permite identificar los eventos para una posible falla final y el análisis de consecuencias permite estimar la posible magnitud de esa falla final, estudiando diferentes variables relacionadas al tema. Siempre y cuando aplique a los términos estipulados en decreto supremos con los respectivos artículos.
- Identificar la mayor cantidad de eventos posibles en una planta, ya que a través de las medidas de control que encadenaremos con cada evento permitirá abarcar un mayor control de los riesgos asociados.
- El análisis de riesgos y consecuencias trae consigo ciertos beneficios:
 - Estándares de seguridad más rigurosos por las medidas de control ya sea ingenierías, administrativas y/o epp.
 - Mejor conocimiento de las sustancias tratadas o almacenadas en la planta.
 - Con el hecho de establecer medidas de control para cada evento nos permite tener una barrera preventiva para cortar la secuencia de lo que podría ser un accidente fatal.

6.2. Conclusiones

Finalmente llegamos a las conclusiones de este trabajo de investigación, donde surge la pregunta si se pudieron realizar los objetivos establecidos anteriormente y ante lo estudiado, podemos decir que si porque:

- ✓ Se logro identificar los posibles eventos básicos e intermedios desencadenando una falla final y lo representamos en un árbol de eventos.
- ✓ En base a los eventos asociamos las consecuencias respectivas al caso y dictamos medidas de control relacionadas a cada evento con el fin de poder prevenir o reducir la probabilidad de ocurrencia hasta la falla final.
- ✓ El diagnostico que se obtuvo es que de 9 eventos 1 es catastrófico lo cual sería el evento final por definición, 3 de los 4 eventos intermedios poseen consecuencias graves y 3 de los 4 eventos básicos conllevan a consecuencias leves. Lo cual más de la mitad de los eventos identificados en el estudio son de carácter muy riesgosos que pueden ocasionar una explosión como consecuencia si no se abordan las medidas de control.

Comprendimos la importancia que tiene una planta química, enfatizando en el proceso productivo del clorato de sodio mediante un proceso de electrolisis que se lleva a cabo en baterías, generando un subproducto como lo es el hidrogeno, que una parte se libera a la atmosfera y otra parte va dirigida a la línea de alimentación a las calderas. La producción de esta sustancia es de 60.000 toneladas anuales en promedio, por lo que estamos hablando de una gran producción de una sustancia que trae muchos riesgos al momento de producirlos y almacenarlos.

Entonces hacer un análisis de riesgos y consecuencias ¿es importante? pues claro que sí, y no es una recomendación hacerlo, sino que es un deber de hacerlo por la normativa del decreto supremo 43 con el fin de adquirir una autorización sanitaria. Si vamos a trabajar o almacenar sustancias peligrosas debemos estar preparados para la responsabilidad que conlleva eso para las personas que viven de ese trabajo o aún más para comunidades aledañas a este tipo de industrias.

LINKOGRAFÍA

- [Decreto-43 29-MAR-2016 MINISTERIO DE SALUD - Ley Chile - Biblioteca del Congreso Nacional \(bcn.cl\)](#)
- [HDS Clorato de Sodio V19-2021.pdf \(asiquim.cl\)](#)
- [Manual_Análisis-de-Riesgo-y-consecuencias-2016 \(1\).pdf](#)
- [Clorato de sodio - EcuRed](#)
- [GHS – Gestión de Sustancias Químicas de Usos Industriales \(mma.gob.cl\)](#)
- [ds-40.pdf \(achs.cl\)](#)