

**UNIVERSIDAD UNIACC**  
Facultad de Arquitectura, Diseño y Artes Visuales.

**TEMA: APORTE BIM A LOS PLANES DE SEGURIDAD EN INCENDIO,  
EN LA FASE DE OPERACIÓN DE PLANTAS INDUSTRIALES**

Trabajo de grado para obtener el grado académico de Magíster Building information  
Modeling Management

**Alumno Magíster: Jorge Esteban Martínez Rojas.**

**Profesores guías: Juan Luis Ramírez Riveros.**

Santiago, Noviembre 2022.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se la quiero dedicar a mi familia, la que estado incondicionalmente apoyándome en cada desafío que he ido emprendiendo, especialmente a mi esposa Maria Paz Sato y mis bebes Boni y Canela, por entregarme energía y alegría en cada momento.

## INDICE

AGRADECIMIENTOS.....	2
INDICE ILUSTRACION.....	5
RESUMEN .....	6
1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. OBJETIVOS.....	8
2.1 OBJETIVOS GENERALES.....	8
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	8
3. MOTIVACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....	8
CAPITULO I. MARCO TEÓRICO.....	9
I.0 Teoría sobre BIM en planes de seguridad en la gestión de incendios.....	9
Prevención de Riesgo:.....	10
Facility del activo:.....	11
Diseño desarrollo del activo .....	11
Metodología Bim como integrador de planes de gestión en situación de incendio .....	12
Uso BIM n° 25.....	13
I.1 Hipótesis, aporte BIM en situación de incendio.....	14
CAPITULO II. Metodología, estudio de caso.....	15
II.0 Planteamiento del problema .....	15
II.1 Alcance de la investigación.....	15
II.2 Metodología de investigación.....	16
II.3 Introducción. “Fase operacional, en planta industriales planes de seguridad y gestión de emergencias con metodología BIM”. .....	17
II.3.1 Accidentes en planta industriales en Chile .....	19
Incendio afecta a fábrica de aceites industriales en Lampa .....	20
Incendio afecta a parque industrial en Pudahuel.....	20
Agrosuper: .....	21
II.3.2 Estadísticas sobre ocurrencia de incendios y sus factores .....	22
II.4 Marco normativo .....	25
II.4.1 Leyes aplicables gestión de emergencia.....	29
II.5 Introducción “Análisis prescriptivo y prestacional .....	31
II.5.1 Sistemas pasivos y activos .....	34

II.5.2	Descripción de análisis prestacional en los proyectos.....	39
II.6	Procesos, políticas, tecnología y personas en planes de seguridad con BIM.....	42
1.	Objetivos de la utilización de BIM.....	42
II.7	Identificación de usos BIM para la gestión de emergencia.....	44
II.8	Software de información para la gestión de emergencia.....	48
III.8.1	Software de evacuación- incendios.....	49
III.8.3	Otro software y IFC.....	51
III.8.4	Interoperabilidad para la gestión de activo en planes de emergencia.....	51
II.9	Como los modelos digitales, aportan para la toma de decisiones.....	52
III.9.1	Gestión de la Información que deben desarrollar los equipos de trabajo.....	52
III.9.2	Mantenimiento de modelos de información para planes de gestión de emergencias	53
III.9.3	Nivel deseado de madurez en la organización para llevar el proceso de metodología BIM, sobre los planes de emergencia. ....	53
CAPITULO III.	USO Y APLICACION.....	54
III.0	Caso aplicado planta industrial Lampa.....	54
III.0.1	Plan de gestión de emergencia actual, gestión de mantenimiento del activo.....	56
III.0.2	Software para mantenimiento del activo.....	56
III.1	Radiografía de situación de la planta industrial.....	56
III.2	Método de levantamiento protocolo y usos BIM.....	56
III.3	Software aplicados protocolo.....	58
III.4	Corroboración de información.....	58
III.5	Interoperabilidad análisis de modelos análisis de sistemas.....	58
III.6	Sistemas de gestión de activos.....	59
III.7	Resultados obtenidos.....	60
CONCLUSIONES	.....	61
BIBLIOGRAFIA	.....	63

## INDICE ILUSTRACION

FIGURA 1 ESQUEMA SEGREGACIÓN DE LOS PROYECTOS EN OPERACIÓN.....	9
FIGURA 2 PLANO DE EVACUACION REF.....	10
FIGURA 3 ESQUEMA PLAN DE GESTION DE EMERGENCIA CON BIM .....	12
FIGURA 4 TABLA USOS BIM. PLAN BIM.....	13
FIGURA 5 ESQUEMA METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....	16
FIGURA 6 NODOS BIM RELACIONADO A PLANES DE EMERGENCIA .....	18
FIGURA 7 ARISTAS DE UN PLAN ESTRATÉGICO CON BIM .....	19
FIGURA 8 FOTO INCENDIO FABRICA DE ACEITES INUDSTRIALES LAMPA .....	20
FIGURA 9 INCENDIO EN PARQUE INDUSTRIAL PUDAHUEL .....	21
FIGURA 10 DISTRIBUCION DE INCENDIOS EN CHILE 2010-2020 .....	22
FIGURA 11 DISTRIBUCIÓN DE INCENDIOS 2010-2020 EN OCUPACIÓN DE ALMACENAMIENTO .....	23
FIGURA 12 FACTORES QUE INCIDEN PARA UN INCENDIO .....	24
FIGURA 13 TETRAEDRO DEL FUEGO .....	25
FIGURA 14 CLASIFICACIÓN AL FUEGO SEGÚN OGUC .....	27
FIGURA 15 CLASIFICACIÓN AL FUEGO ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES OGUC .....	27
FIGURA 16 LISTADO DE NORMAS CHILES INTENDENTE A EVACUACIÓN Y PREVENCIÓN DE INCENDIO.....	29
FIGURA 17 RESUMEN DE OGUC INCENDIOS.....	30
FIGURA 18 FASES RESUMIDAS DE CÓMO LLEVAR UN ANALISIS PRESTACIONAL CON LA OGUC.....	32
FIGURA 19 COMPARACIÓN ANÁLISIS PRESCRIPTIVO VS PRESTACIONAL.....	32
FIGURA 20 ESTRUCTURA JERÁRQUICA PARA DISEÑO PRESTACIONAL: SEGÚN CÓDIGO DE CONSTRUCCIÓN DE NUEVA ZELANDIA.....	33
FIGURA 21 MODELOS DE ANÁLISIS HUMO EN RECINTOS MINEROS .....	34
FIGURA 22 SISTEMAS DE DETECCIÓN Y ALARMA DE INCENDIOS.....	36
FIGURA 23 SISTEMA DE REDES HUMEDAS.....	37
FIGURA 24 SISTEMAS DE SPRINKLER .....	37
FIGURA 25 ESQUEMA DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS .....	38
FIGURA 26 TIEMPO DE EXTINCION SEGUN GRADO DE AVANCE.....	38
FIGURA 27 FOTO DE PERSONAS AGLOMERADAS EVACUANDO .....	40
FIGURA 28 ESQUEMA TIEMPOS DE EVACUACIÓN.....	41
FIGURA 29 ESQUEMA TIEMPO PREMOVIMIENTO.....	42
FIGURA 30 ESQUEMA INTEGRACIÓN BIM, FACTORES DE INCENDIOS.....	43
FIGURA 31 TIPOS DE INFORMACIÓN SEGÚN EL USO BIM 25 .....	45
FIGURA 32 INTERRELACIÓN DE LOS USOS BIM PREDOMINANTES .....	47
FIGURA 33 IMAGEN REF SISTEMAS DE CALDERAS .....	48
FIGURA 34 IMAGEN DE SOFTWARE DE EVACUACIÓN.....	49
FIGURA 35 IMAGEN SOFTWARE DE INCENDIO .....	50
FIGURA 36 SOFTWARE DE GESTIÓN DE EMERGENCIAS .....	51
FIGURA 37 ESQUEMA DE PLAN ESTRATÉGICO DE IMPLEMENTACIÓN.....	52
FIGURA 38 ESQUEMA GESTIÓN DE LA INFORMACION .....	52
FIGURA 39 ESQUEMA TRASPASO DE INFORMACIÓN .....	53
FIGURA 40 PLANTA DE ARQUITECTURA INDUSTRIAL.....	54
FIGURA 41 INTEGRACIÓN DE SOFTWARE .....	58
FIGURA 42 ESQUEMA DE GENERACIÓN DE PEB .....	60

## RESUMEN

La presente tesina, aborda como la metodología bim puede aportar en los planes de emergencia en caso de incendio, entendiendo que los modelos inteligentes (“gemelo digital”), nos permiten adelantarnos a los posibles problemas que pueden existir en un activo para el caso de estudio en plantas industriales , si este no cuenta con la información necesaria para generar planes de emergencia adecuados y oportuno a la situación de dicha industria, se puede generar incidentes como accidentes los cuales pueden ser fatales tanto en vidas humanas, como detención de la operación del activo, con pérdidas millonarias, para las organizaciones. Es por ello que la metodología BIM, en la generación de planes de emergencia es un aliado para la toma de decisiones a través de los modelos los cuales podrán simular las diversas situaciones hipotéticas que pueden afectar al activo y como las personas pueden comportarse en una situación de emergencia dentro de sus instalaciones.

## 1. INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de tesina, se encuentra enfocado, al análisis de la fase de operación con respecto al Uso Bim n° 25, denominado Planificación y gestión de emergencia, el cual define el estándar BIM para proyecto públicos, del plan bim en:

“Proceso en el cual se accede a la información crítica de la edificación o infraestructura a través de uno o más modelos BIM, con el propósito de mejorar la eficiencia de respuesta ante una emergencia y minimizar los riesgos de seguridad. La información dinámica del activo es proporcionada por un BAS (por sus siglas en inglés, Building Automation System), mientras que la información de la edificación estática, como planos de planta y esquemas de equipos, reside en el o los modelos BIM. El BIM junto con el BAS pueden mostrar claramente donde se localiza la emergencia dentro del edificio, las posibles rutas hacia el área y cualquier otro lugar en riesgo dentro del activo”.

Para llevar a cabo este uso bim, se plantea un análisis de como las plantas industriales abordan en la actualidad el plan de manejo de emergencia, entendiendo sus protocolos y utilización de software que les permite poder abordar situaciones de emergencia dentro de sus instalaciones.

Se llevará a cabo un estudio, sobre como la mala planificación y gestión actual en estos planes de emergencia han generados siniestralidad, tanto de los activos como las personas revisando los factores de siniestralidad en el contexto chileno. Para ello revisaremos los accidentes en planta industriales en Chile, los factores que generan incidentes y accidentes, los aspectos normativos, los tipos de planes de seguridad y los planes de gestión de emergencias.

Se ha observado que las organizaciones que buscan dar respuesta a los requerimientos prescriptivos de las normativas existente, los cuales en ocasiones no responden al contexto real de dicha planta industrial, mientras que existen análisis prestacionales, los cuales permiten poder evaluar de mejor manera la respuesta cuando ocurre un siniestro. En ambos tipos de análisis prescriptivos y prestacional, BIM como metodología puede ir aportando en la toma de decisiones ya que podemos ir evaluando a través de diversos modelos la interacción de lo que sucede en caso de una emergencia en el inmueble. Si solo se responde a la normativa o si se ha llevado un análisis prestacional el cual permite desarrollar modelos que evalúa el comportamiento tanto del siniestro como de las personas.

Poder pensar en planes de gestión de emergencia que no solo respondan a los aspectos normativos sino a análisis prestacionales, los cuales no siempre concuerdan con el análisis normativo de cuál es la mejor estrategia, se llevara un estado del arte que permita conocer algunos softwares que puedan colaborar en el levantamiento de la información, como estos programas los podemos inter operar y generar reportes que permitan la toma de decisiones.

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVOS GENERALES

Mejoramiento de la gestión en la emergencia en incendios a través de modelos BIM

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer parámetros de mejoras sobre la gestión de emergencia con BIM.
- Definir roles de los actores del activo, para planes y gestión de emergencia.
- Afinar la replicabilidad sobre el mejoramiento de la gestión de emergencia con modelos bim.

## 3. MOTIVACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

Es poder ser un aporte a la industria de la construcción con respecto a los planes de gestión de emergencia con metodología bim en las industrias en Chile, teniendo énfasis en la operación de planes en caso de incendio, donde van interactuando distintos actores que van desde el mandante, al encargado de mantenimiento, a los colaboradores dentro de la organización, y como ellos interactúan en situaciones de emergencia, teniendo en consideración que llevar planes exitoso en la gestión de emergencia permiten salvar vidas, por lo cual la metodología bim, se tiene que ver por los distintos actores como un apoyo real en el desarrollo de planes, ya que permitirá poder evaluar los riesgos existente y como se debe planificar con el fin de disminuir los posibles riesgos de un incidentes y si llegase ocurrir algún accidentes los modelos digitales puedan prever los factores de riegos antes de que ocurra algún acontecimiento, es por ello que la metodóloga BIM, definida como procesos- políticas –tecnología y personas puede ser un aporte a la protección de la vidas de los colaboradores de la organización.



## CAPITULO I. MARCO TEÓRICO

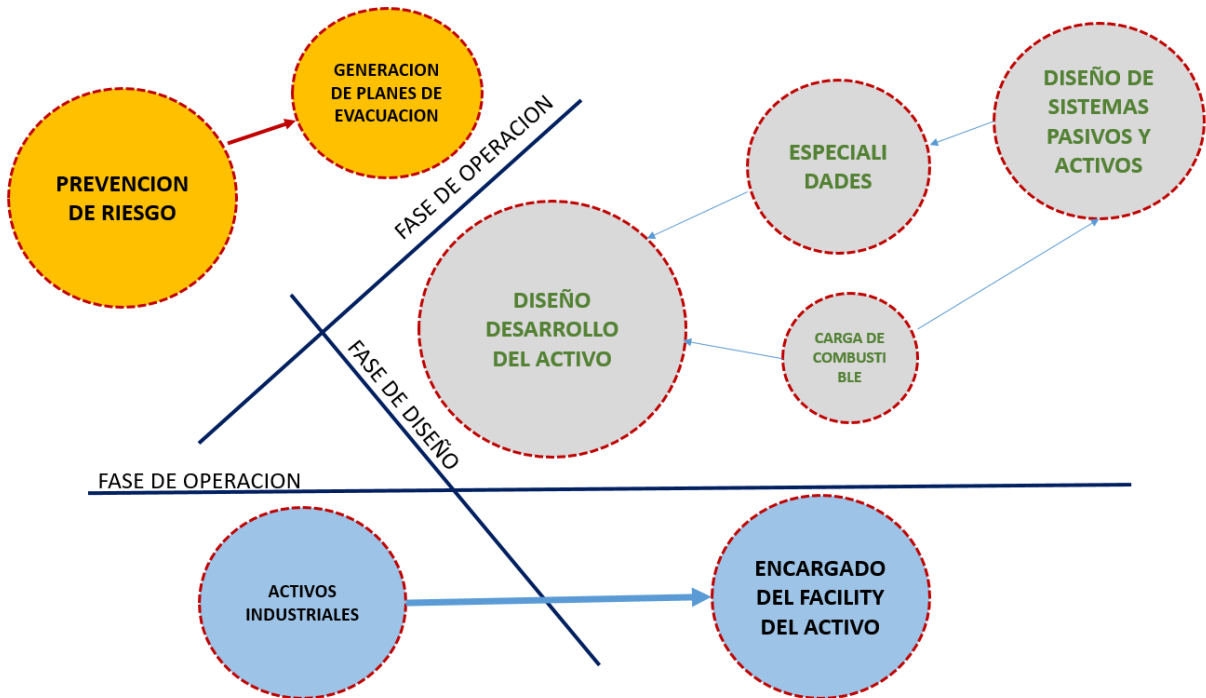
### I.0 Teoría sobre BIM en planes de seguridad en la gestión de incendios

Revisando un gran número de bibliografía se observa que el área de incendio y análisis de evacuación según tipos de siniestralidades, no se encuentra abordado actualmente en su conjunto con la metodología BIM, cada especialidad se encuentra segregada entre ella, donde se observan campos de especialidades las cuales se podría integrar en su conjunto con el fin que la metodología bim aporte en la generación de planes y gestión de emergencias considerando que este es el uso BIM n°25 (1).

Cuando se habla de que los campos se encuentran segregados, se debe entender que todo proyecto es multidisciplinar y en el tema de plan de gestión de emergencia, en la mayoría de los casos no dialogan entre sí.

Pensando que son fundamentales las multidisciplinas para una buena gestión a continuación se en la figura (1) se presenta la segregación entre las disciplinas detallando cada uno de los nodos principales y en la figura (2) como BIM puede realizar un cambio en la perspectiva de abordar los planes de emergencia, enfocado en incendios.

Figura 1 Esquema segregación de los proyectos en operación



## Prevención de Riesgo:

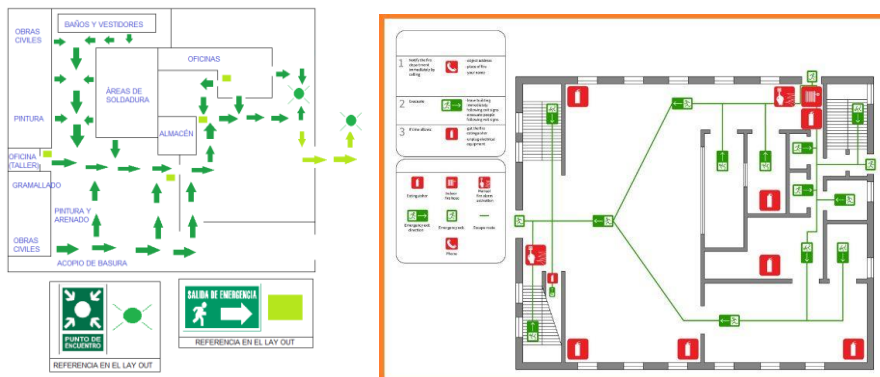
La prevención de riesgo es la rama que vela la seguridad de las personas como se indica en artículo (1)

“La prevención de **riesgo** está relacionada con la **planificación de medidas de protección** que busquen minimizar cualquier **evento** futuro, que pueda ocasionar daños físicos en las personas. Es decir, que ante cualquier acción o situación particularmente riesgosa, los individuos toman ciertas precauciones, por si acaso el riesgo es inminente y se transforma en un peligro para su integridad física.”

Lo cuales los profesionales de esta rama van generando planes de seguridad el cual responde a las condiciones del activo de una forma teórica velando por las zonas de seguridad y espacios de los vanos de evacuación, donde no existe una interacción directa con las fases del diseño teniendo en consideración que todo plan de gestión de emergencia da respuesta a la fase de operación , donde luego el encargado de mantener el activo no tiene mayor conocimiento sobre los fundamentos del plan desarrollado y como este se adapta a la condición actual del activo, quedando esto planes archivados en la organización

A continuación, se presentas esquemas de planos de evacuación de plantas industriales como referencia al nivel de información que se entrega para algún caso de siniestralidad, siendo una información deficiente, si se piensa que una condición de incendio las personas se van a comportar de forma distinta a lo que un plano de evacuación recomienda, hace clave poder tener modelos de análisis los cuales pueden ser generados desde la fase de diseño o en la operación donde el mandate tendrá que solicitar los modelos según una SDI (solicitud de información), con el fin de contar con un modelo apto para lleva acabo análisis que permitan al profesionista tomar las mejores decisiones al momento de desarrollar los planes de emergencia.

Figura 2 Plano de evacuacion Ref



### **Facility del activo:**

En los proyectos el encargado de mantener la operación del activo, no necesariamente es un prevencionista de riesgo, ya que este actor debe velar por la operación del activo que la edificación y los activos muebles, se encuentren en funcionamiento para que la producción no se detenga, por lo cual en variadas ocasiones todo el plan de seguridad quedan archivados sin tener claro los sistemas pasivos o activos o los tiempos de mantención de los equipos de extinción.

Si se piensa que un siniestro son situaciones puntuales, que la probabilidad de que ocurra es baja, si se mantiene ciertas medidas de resguardo, pero cuando ocurre puede pasar de un incidente hasta un accidente falta, tanto de vidas de personas como también destrucción total del activo o paralización parcial de la producción se hace clave que estos actores se encuentren en constante dialogo para llevar análisis y ser criticó en los tiempo de mantención de los equipos de sistemas activos de extinción.

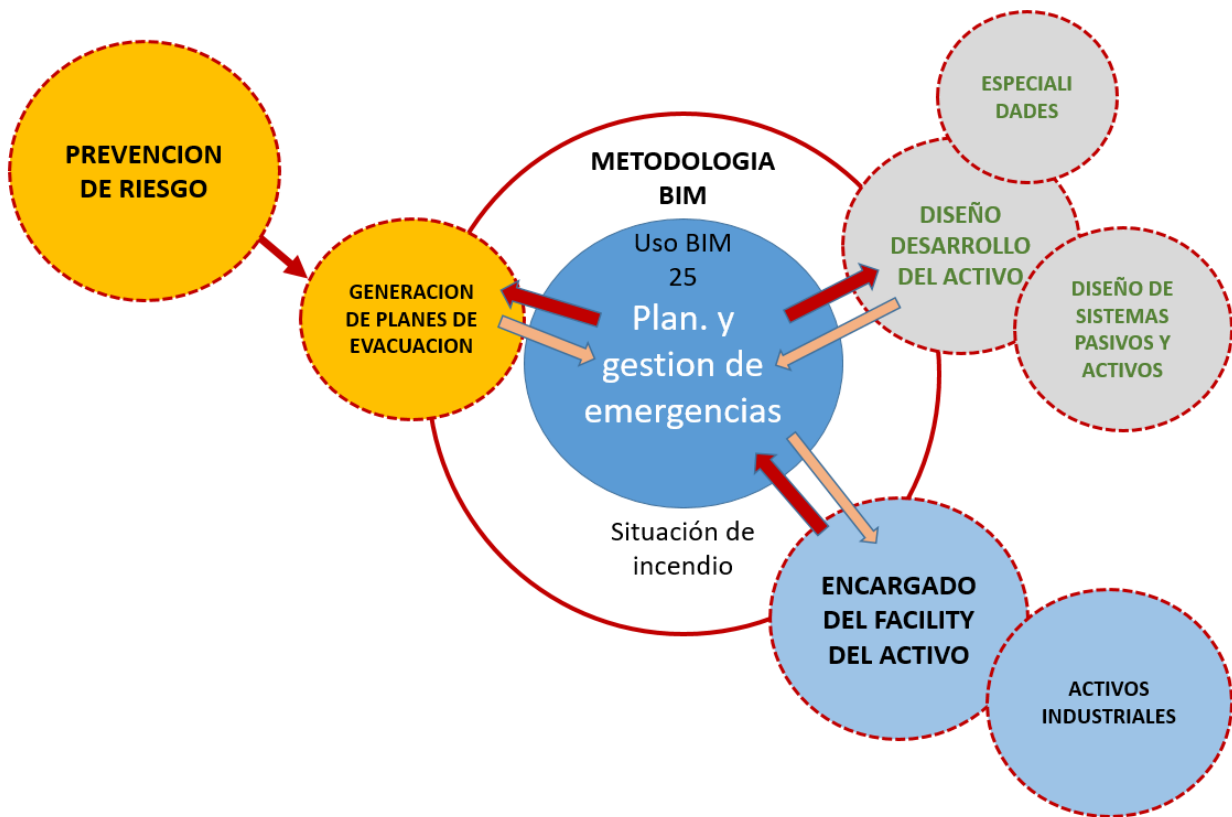
### **Diseño desarrollo del activo**

En la fase de diseño, los profesionales involucrados tanto arquitectos y ingenieros, responde a los aspecto normativos prescriptivos, donde al termino del proyecto facilitan los planos o modelos para que el profesional de prevención de riesgo desarrolle su plan de evacuación pero es muy rara ocasiones se hacen análisis prestacionales, ya que en la mayoría se requieren recursos adicionales los cuales el mandante no siempre esta interesados en gestionar los recursos, ya que el tema de emergencia queda en un supuesto poco probable de ocurrir, siendo esto un error ya que si afecta la vida de la personas como del inmueble que genere una paralización de la producción lo cual generara la posibilidad de generar ingresos a la organización.

## Metodología Bim como integrador de planes de gestión en situación de incendio

A continuación, en figura 2, se plantea como bim puede integrar la disciplina de prevención a través de los análisis de los modelos con el fin de tomar la decisiones más adecuada al momento de llevar acabo los planes de gestión de emergencia.

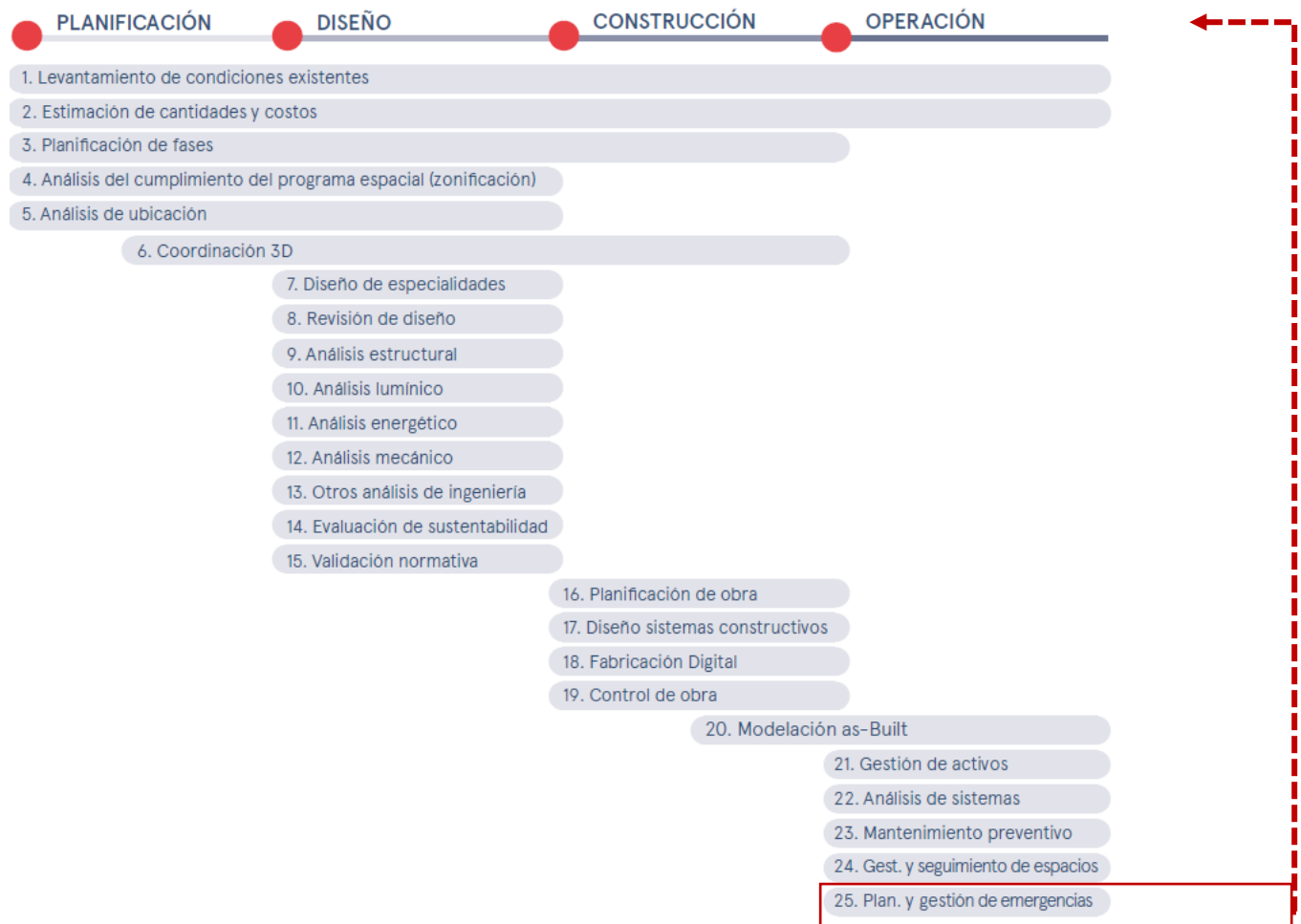
Figura 3 Esquema plan de gestion de emergencia con BIM



## Uso BIM n° 25

En el estadar BIM, para proyectos públicos, plantea 25 usos los cuales se van respondiendo según la fase de proyecto, se entiende según el estándar bim, como un “método de aplicación de BIM durante el ciclo de vida de una edificación o infraestructura para alcanzar uno o más objetivos específicos”

Figura 4 Tabla Usos BIM. Plan BIM



Basada en Project Execution Planning Guide version 2.1, mayo 2011

Para la comprensión acabada de este uso se presenta lo planteado en el estándar bim para proyecto públicos de Plan BIM

## 25. Planificación y gestión de emergencias

Proceso en el cual, a través de uno o más modelos BIM, se accede a la información crítica de la edificación o infraestructura con el propósito de mejorar la eficiencia de respuesta ante una emergencia y minimizar los riesgos de seguridad. La información dinámica del activo sería proporcionada por un BAS (por sus siglas en inglés, Building Automation System), mientras que la información de la edificación estática, como planos de planta y esquemas de equipos, reside en el o los modelos BIM. El BIM junto con el BAS pueden mostrar claramente donde se localiza la emergencia dentro del edificio, las posibles rutas hacia el área y cualquier otro lugar en riesgo dentro del activo.

### Recursos sugeridos:

- Software de revisión de modelos BIM as-built y sus entidades
- Sistema de automatización de edificios (BAS por sus siglas en inglés) vinculado al modelo BIM as-built
- Sistema de administración de mantenimiento computarizado (CMMS por sus siglas en inglés) vinculado al modelo as-built
- Estándares y normas según corresponda
- Hardware apto para procesar modelos BIM
- Infraestructura TI necesaria

### I.1 Hipótesis, aporte BIM en situación de incendio

Se entiende que la protección de la vida, es el objetivo principal de cualquier organización, velando por la seguridad de sus colaboradores, BIM es clave para mejorar los procesos de análisis de emergencia como también de mantención de los sistemas activos donde permitiría poder desarrollar análisis más exacto con respecto como se puede comportar un incendio o como los colaboradores se pueden comportar en una situación de siniestralidad lo cual permite generar toma de decisiones más adecuadas a la situación de la industria. Como también saber qué tipo de información sería necesaria para los modelos de información para llevar a cabo análisis de emergencia como también de mantenimiento de los sistemas de incendios.

## **CAPITULO II. Metodología, estudio de caso**

### **II.0 Planteamiento del problema**

Actualmente los planes de seguridad que exige la normativa Chile, se encuentran enfocado, a salvaguardar la vidas de la personas, para ello se deben ir dando cumplimiento aspectos normativos, tales como resistencia al fuego de edificaciones, análisis de carga de combustibles, planes de evacuación, según tipo de siniestralidad y sistema de extinción pasivos y activos, los cuales son planteados en las fases iniciales de los proyecto, pero cuando ya nos encontramos en la fase de operación del activo en este caso edificaciones industriales, es muy poca la información que existe ya que esta se va perdiendo en archivadores con un sin número de documentos y planos de lo que se diseñó, donde el encargado de la gestión de seguridad y manteamiento en la organización, no tiene una mirada global de la situación no sabe exactamente la ubicación de los sistemas pasivos y activos o las fechas de manteamiento de esto. Actualmente se genera un gran numero documento de gestión y protocolos de cómo actuar en caso de siniestralidad, de forma teórica donde termina concluyendo en un documento y planos de las rutas de evacuación, dando cumplimiento a las normativas exigidas.

Dada la situación planteada, donde la información se pierde, los análisis son poco fidedigno con respecto a una situación de siniestralidad donde la vida de la persona puede estar en riesgo por falta de un conocimiento acabado de cómo se puede comportar la edificación, las personas y los sistemas de alarmas y de extinción, es clave poder adelantarse a la situaciones a través de los análisis de los modelos donde se podrá evaluar las mejores estrategia a implementar en la organización, evaluar donde se encuentran los sistemas de extinción y como estos actúan en caso de accidentes, como esta información permite generar evacuaciones parcializada según la emergencia.

### **II.1 Alcance de la investigación**

La tesina, platea la situación actual sobre los planes de gestión de seguridad en incendio, donde abarca a los actores de la prevención y mantenimientos, para poder presentar como la metodología BIM, puede ser un aporte relevante en la toma de decisiones al momento de generar estos planes, para ello se declara el uso BIM n°25 Planificación y gestión de emergencia el cual dará cabida, a entender los procesos y tecnologías que pueden aportar a los planes de emergencias.

Para entender poder plantear planes de emergencia es clave poder comprender el comportamiento humano en situaciones de estrés, como también los aspectos

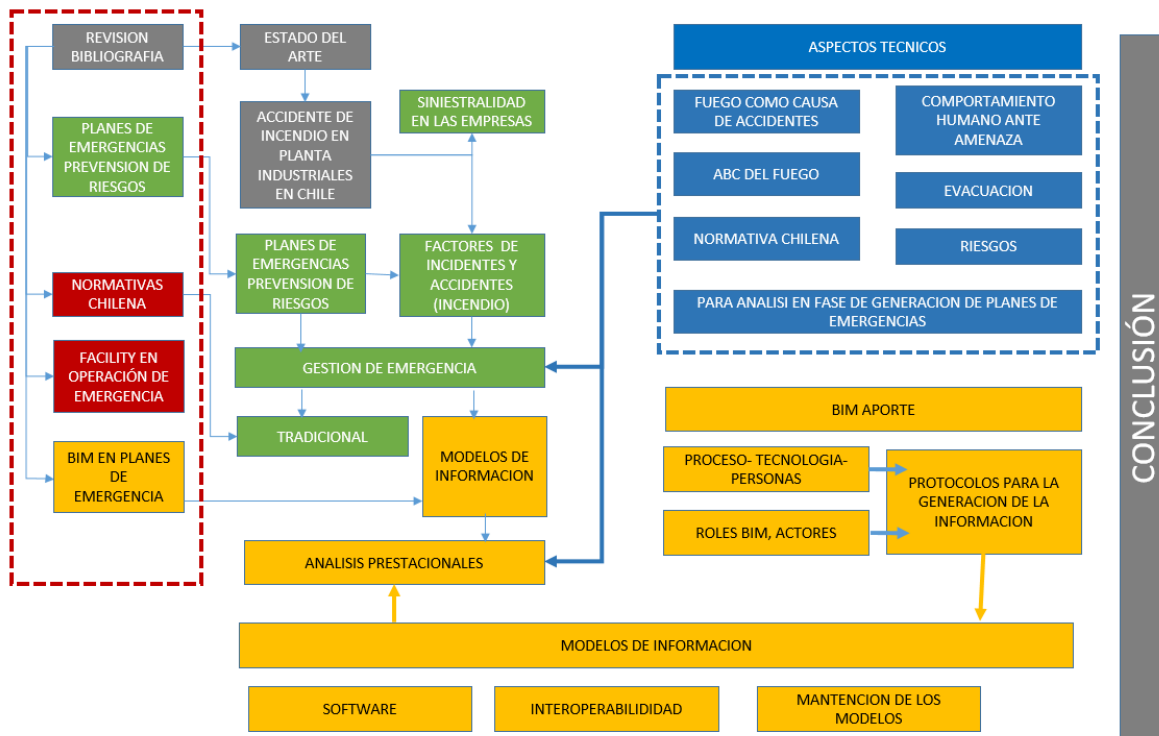
normativos y especialmente el desarrollo de análisis prestacionales los cuales darán mayor claridad a cómo enfocar los recursos en alguna situación de siniestralidad.

## II.2 Metodología de investigación

La metodología llevada a cabo es a través del análisis bibliográfico, donde combina al área de Facility, la prevención de riesgos, normativa chilena, la cual permitan dar un entendimiento, a la generación de planes de emergencias, siendo este el primer apartado. Para luego abordar los aspectos más técnicos tales como tipo de incendios, generación de ellos, visibilidad tipos de evacuación y otros aspectos relevantes para entender los riesgos de un incendio en una planta industrial.

Siendo el apartado principal como la metodología BIM, puede llegar ser un aliado en este proceso a través de los análisis prestacionales involucrando proceso, tecnología y personas.

Figura 5 Esquema metodología de investigación



En colores se planteas las diversas relaciones que se van ir generando en el desarrollo de esta tesina



### **II.3 Introducción. “Fase operacional, en planta industriales planes de seguridad y gestión de emergencias con metodología BIM”.**

Cuando se plantea la fase de operación de un activo, es cuando este comienza a generar actividad la cual aporta como infraestructura para la organización, donde es clave el mantenimiento de este para que pueda seguir su funcionamiento, donde los actores claves son los colaboradores que permiten desarrollar las diversas labores de producción, es por ello que esta tesina se enfoca en las plantas industriales, donde revisando diversa bibliografía sobre los accidentes que han sido afectadas algunas plantas industriales en Chile, por mala planificación o gestión, ha generado la pérdida de vidas humanas, como también de producción, es por ello que la metodología BIM puede ser un aporte al desarrollo de planes de gestión en este caso sobre emergencia en incendio.

Se ha visto que en Chile, la metodología BIM, está siendo incipiente en muchas áreas de la industria de la construcción, especialmente en fases de anteproyecto, diseño y construcción, siendo un gran avance para la industria, pero si vemos como se ha implementado la metodología en fase operacional, en mantenimiento de activo, es muy baja la adopción y si lo llevamos a un desarrollo más en detalle como es el caso al análisis de planes de emergencia que deben adoptar cada empresa y en este caso en planta industriales, es casi nulo, donde surge algunas interrogantes tales como:

¿Por qué, no se adoptado la metodología para llevar análisis en los planes de emergencia de incendio en las plantas industriales?

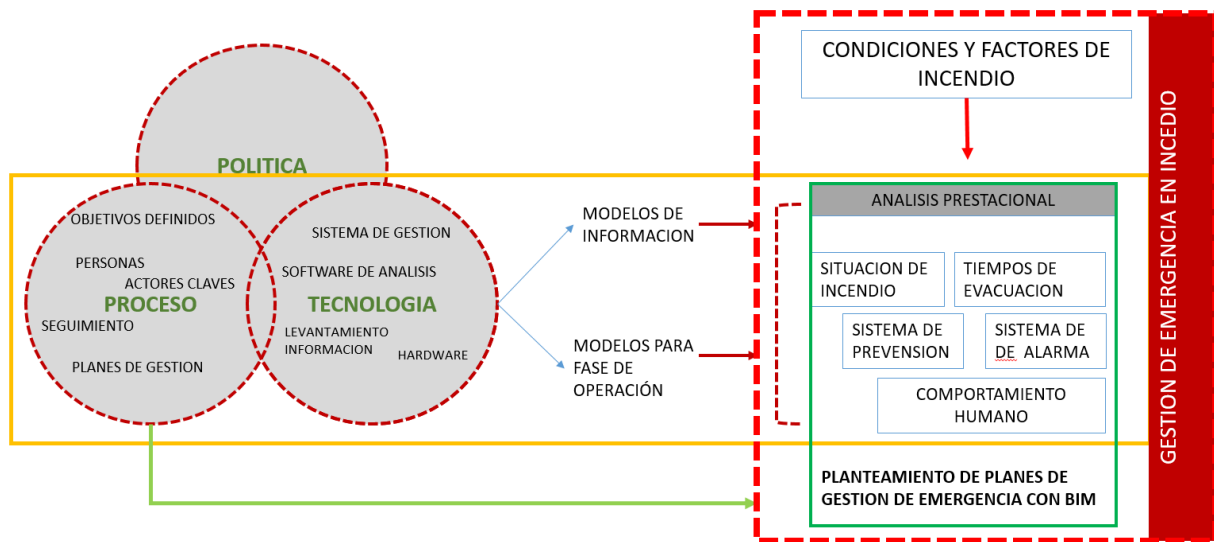
¿Qué hace falta para que podamos considerar la metodología BIM, en fase de operación, especialmente para desarrollo de planes y gestión de emergencia?

Estas interrogante se irán dilucidando a lo largo de este trabajo, cabe señalar que la mayoría de los actores que generan documentos sobre planes de seguridad en Chile, son los prevencionistas de riesgos teniendo un alto grado de competencias en responder a los aspectos normativos que las organizaciones deben considerar para ir dando cumplimiento a las normas, pero muchas veces estos profesional generan los documentos los cuales se quedan archivados en algún lugar, y en tiempos esporádicos se generan simulacro con los colaboradores donde solo se indica la zonas segura dentro de la planta industrial, también existe otro actor importante dentro de la organización correspondiente al encargado del mantenimiento de los activos, siendo su función principal hacer los manteamiento preventivo para el funcionamiento de la planta industrial, pero muchas veces este actor termina siendo más reactivo que proactivo en

dar respuesta a las demandas del activo ya que no cuenta con modelos digitales y de gestión de la información que permita adelantarse a los posibles problemas y si sumamos a estos dos actores donde el prevencionista responde solo al cumplimiento normativo y el encargado de mantener el activo sin contar con la información adecuada para dicha gestión, pueden ser causas que desencadenen alguna siniestralidad fatal, donde los planes de emergencia no puedan responder a la necesidad de la emergencia.

A continuación, se plantea un esquema que integración de la metodología BIM enfocado al planteamiento de planes de emergencia en incendio el cual puede ser extrapolado para cualquier activo, pero llevara enfocado hacia el análisis en plantas industriales.

Figura 6 Nodos Bim relacionado a planes de emergencia



Fuente: Succar (2008). Nodos BIM, con interpretación propia sobre la generación de planes de emergencia integrando la metodología BIM.

Para tener en consideración sobre la importancia de llevar a cabo análisis a través de modelos digitales los cuales permiten generar diversos escenarios, lo que permite poder llevar a cabo planes de gestión de emergencia más adecuada a cada organización, es por ello que cito a la Conferencia Mundial sobre Reducción de Catástrofes, “se concluyó que, por cada dólar invertido en prevención, se ahorran US. \$ 100 en reconstrucción”. (Congerencia mundial, 2014)

Para ir dando una mayor comprensión sobre como el BIM puede ir interactuando en los planes de emergencia en incendio, se presenta esquema el cual señala distintas áreas

las cuales se deben abordar para dar respuesta a un análisis prestacional, cabe destacar que cuando que para llevar a cabo este tipos de análisis, no solo se debe saber utilizar los software para levantar información, sino se debe tener las competencias teóricas sobre prevención y condiciones del fuego y de comportamiento humano en emergencia, la metodología BIM nos da los parámetros de como poder abordar un campo distinto a través de la tecnología y proceso, pero siendo cuidadoso que la tecnología es una de las aristas, pero si la información no se sabe gestionar o concluir con los datos aportados, se volvería a lo que se hace actualmente, solo dar cumplimiento normativo donde no siempre responde a la situación real del activo y esto especialmente en plantas industriales ya que dada una es distinta en su funcionamiento y construcción de esta.

Figura 7 Aristas de un plan estratégico con BIM



Fuente: IDIEM (2015). Arista de plan maestro condicionante de incendio, con interpretación propia sobre BIM, puede interactuar en las distintas áreas.

### II.3.1 Accidentes en planta industriales en Chile

A continuación, se presenta algunos de los accidentes con mayor siniestralidad durante estos 15 años en plantas industriales Chile, donde se señalarán las condicionantes y si estos afectaron a las vidas humanas de la organización, lo cual permitirá comprender los factores y los denominadores comunes en la ocurrencia de estas emergencias.

## **Incendio afecta a fábrica de aceites industriales en Lampa**

25 de noviembre del 2019

Un incendio de grandes proporciones se desarrolló al interior de una fábrica ubicada en la comuna de Lampa, específicamente en Av. La Montaña con calle Don Luis. En el lugar se almacenaban productos como petróleo, combustible y acetileno, material inflamable que no sólo dificultó el control de las llamas, sino que pudo generar una catástrofe mayor.

El incendio generó gran cantidad de humo, visible desde diversos puntos de la capital. Debido a la emergencia, la municipalidad de Lampa suspendió las clases en todos los colegios durante ese día, medida a la que se sumó el municipio de Colina.

Producto del siniestro no se registraron civiles ni voluntarios lesionados. (CNN Chile, 2019)

*Figura 8 Foto incendio fábrica de aceites industriales Lampa*



## **Incendio afecta a parque industrial en Pudahuel**

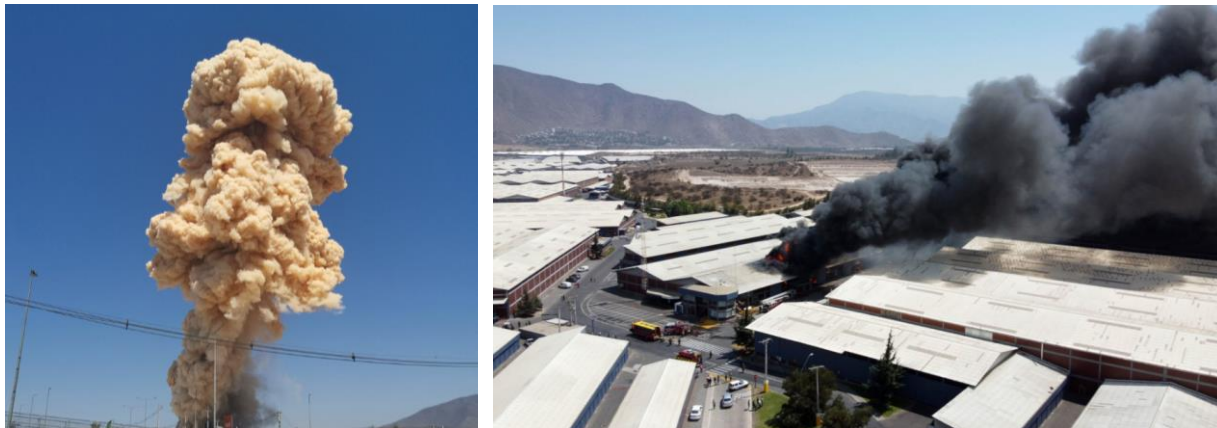
2 de marzo del 2020

El siniestro afectó a las Bodegas San Francisco, ubicadas en la calle Puerto Madero en la comuna de Pudahuel. Estas bodegas sirven como lugar de acopio para productos de

diversa índole, entre ellos, material químico ocupado en la minería, potencialmente explosivo.

Se dispuso un perímetro de seguridad de 1 kilómetro ante la gravedad del hecho. La gigantesca columna de humo emanada del incendio fue visible desde varias partes de la capital. Se identificaron 20 personas lesionadas. (Biobio Chile, 2020)

*Figura 9 Incendio en parque industrial Pudahuel*



### **Agrosuper:**

La empresa Agrosuper ha registrado varios siniestros, dejando cuantiosas pérdidas.

El 27 de noviembre del 2006 Agrosuper registró un incendio que destruyó la planta faenadora ubicada en el kilómetro 16 del "Camino de la Fruta", en la Sexta Región. De acuerdo con la información entregada por Bomberos, los primeros antecedentes comenzaron en la techumbre de la sección de calibrados, donde se pesan y miden las aves que serán enviadas fuera del país. En el instante que comenzó el siniestro estaban en el lugar 130 trabajadores, quienes se encontraban en labores de mantención, de ellos, dos presentaron principios de asfixia. Este incendio provocó el cierre parcial de la planta y la reubicación de 2.000 funcionarios. (Cooperativa, 2006)

Casi siete años después, el 25 de diciembre del 2013, las llamas afectaron a la planta faenadora de Agrosuper ubicado en Lo Miranda, Sexta Región, consumiendo la totalidad del local. Según información de Bomberos, la emergencia provocó explosiones al interior de la fábrica y una presunta fuga de amoniaco. Además, la estructura de la empresa cedió y una voluntaria resultó lesionada. A raíz de la emergencia la Ruta H-30 se mantuvo cortada para todo tipo de vehículos (24horas, 2013)

El 12 de octubre del 2018, después de cinco años de su último accidente, un incendio afectó a la planta de Agrosuper en Melipilla, Región Metropolitana, dejando a 1.800 cerdas reproductoras calcinadas y dos pabellones destruidos. No se registraron

personas heridas ni víctimas fatales. La empresa avaluó las pérdidas en 2.000 millones de pesos. (Cooperativa, 2018)

### II.3.2 Estadísticas sobre ocurrencia de incendios y sus factores

Luego de una extensa revisión de bibliografía donde pudiera dar datos sobre la ocurrencia de incendios en planta industriales Chile y sus factores, no se pudo hallar mayor información ya que actualmente no existe un área que se encuentre a cargo de recopilar dicha información, cabe destacar que bomberos en el año 2008 señala lo importante de la obtención de datos estadísticos sobre la ocurrencia y factores, y esto lo deja expresado en su artículo denominado “ Bomberos de Chile” (N°35), titulado “ La importancia de la estadística para Bomberos “

Llink de interés: Revista “Bomberos de Chile” (n°35) “La importancia de la estadística para Bomberos”.

<http://repuestos.bomberos.cl/interior.php?id=9080>

Para llevar a cabo el análisis de la ocurrencia de incendio en planta industriales se toma de referencia el documento de

“Incendios en Chile: Estadísticas y Perspectiva desde la experiencia como Brokers de Seguros. Departamento de Consultoría de Riesgo – DCR Willis Towers Watson Chile

Donde presentan datos relevantes sobre la ocurrencia y sus factores el cual permitirá poder extrapolar la información con el fin de poder enfocarla al tema de esta tesina.

#### Distribución de Incendios en Chile 2010-2020, sobre la base de información, según Ocupación NFPA 101

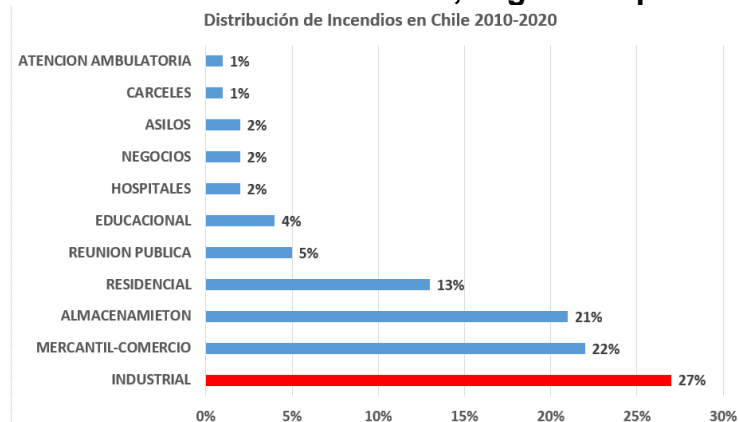


Figura 10 Distribución de incendios en Chile 2010-2020

(Watson, 2020)

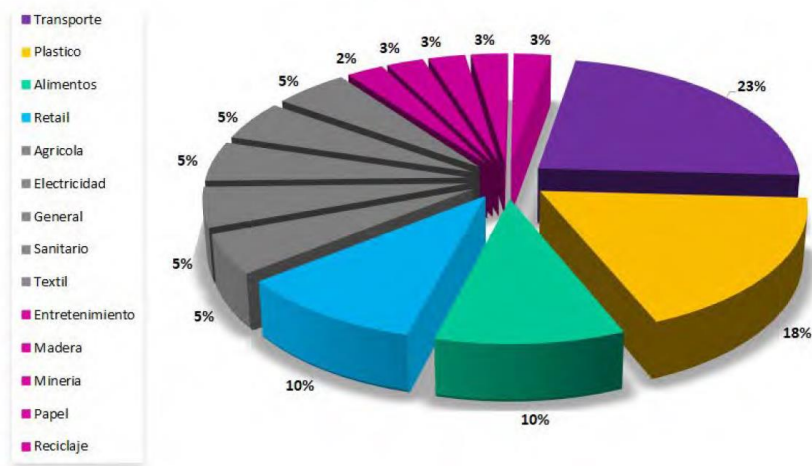
Se observa que la ocurrencia de incendio más alta corresponde a 1/3 correspondiente a las plantas industriales en Chile, siendo por este motivo el foco donde la el uso bim **25. Planificación y gestión de emergencias puede** aportar a reducir las condiciones de riesgos existente en dichas plantas



En este mismo informe realiza un detalle sobre el 70% de los casos en plantas industriales correspondiente a un total 130 incendios reportados , realiza un análisis en donde fue más recurrente dichos incendios

### Distribución de Incendios en Chile 2010-2020, en Ocupaciones de Almacenamiento

Figura 11 Distribución de incendios 2010-2020 en ocupación de almacenamiento



(Watson, 2020)

Teniendo estos dos gráficos expuestos se puede visualizar la incidencia de los incendio en planta industriales, el cual nos permitirá poder evaluar que industria se pueden encontrar en con un mayor riesgo dependiendo de sus planes de gestión de seguridad y de mantenimiento de sus activos.

### Factores comunes capaces de generar incendios

Los factores más comunes de incendio corresponden en la mayoría a fallas electicas en las instalaciones o en los equipos, otro de los factores de generación corresponde a la negligencia humana puede generar un incendio. A continuación, en el esquema se representa los factores más comunes los cuales se deben abordar para minimizar el riesgo de incendio, cabe destacar que la probabilidad de ocurrencia corresponderá a nivel de medidas que se tenga de prevención sobre la ocurrencia de incidentes.

Figura 12 Factores que inciden para un incendio

EJECUCION DE TRABAJOS EN CALIENTE	DESPERFECTOS ELECTRICOS	DESPERFECTOS EN EQUIPOS	NEGLIGENCIA OPERACIONALES Y HUMANAS	PROPAGACION DE INCENDIOS EXTERIORES	INTENCIONALIDAD DE TERCEROS
Incendios derivados de la ejecución indebida de trabajos propios o contratistas que involucran trabajos en calientes	Incendios derivados de desperfectos en circuitos equipos y/o artefactos eléctricos en mal estado, mal mantenidos , sobrecargados o en mal estado.	Incendios derivados de desperfectos mayores en maquinarias o equipos de procesos	Incendios derivados de negligencia operacionales errores humanos incumpliendo procedimientos	Incendio derivados del exterior	Incendios derivados de la acción intencional de terceras personas

**Eléctricas:** Se pueden producir cortocircuitos debido a cables gastados, enchufes rotos y líneas recargadas que se recalientan por excesivos aparatos eléctricos conectados o por gran cantidad de derivaciones en las líneas.

**Cigarros y fósforos:** En todo lugar de trabajo debe estar prohibido fumar. El tener una señalización adecuada, sirve para que quienes no fuman puedan hacer respetar esta norma. Esta es, por desgracia, una de las causas de incendios industriales más comunes.

**Líquidos inflamables:** El manejo inadecuado y el desconocimiento de algunas propiedades importantes de estos líquidos, son causa de muchos incendios industriales. Ojo que los productos inflamables, bajo ciertas condiciones tiene un alto poder explosivo.

**Falta de orden y aseo:** Otra causa de incendios industriales es la acumulación de desperdicios industriales y la colocación de los trapos de limpieza impregnados con aceites, hidrocarburos o grasas en cualquier parte. Los casos típicos son dejar trapos con aceites en cualquier lugar y permitir que los desperdicios industriales se acumulen en el área de trabajo.

**Superficies calientes:** El calor que se escapa de los tubos de vapor y de agua a alta temperatura, tubos de humo, hornos y calderas son causa común de incendios industriales.

### Componente para la generación de incendio

Se ha visto las problemáticas de la generación de incendios y como estos accidentes generan pérdidas de activo, como también vidas humanas es por ello que antes de plantear como la metodología BIM, permite ser un aporte al análisis de proveer las acciones necesarias para resguardar las vidas humanas.



Para que se genere un incendio se requiere de un fuego el cual se compone a través del tetraedro del fuego el cual se observa en la figura xx

Figura 13 Tetraedro del fuego



Para que se pueda producir un fuego se debe contar con estos tres elementos los cuales puedan generar una reacción en cadena obteniendo 5 tipos de fuegos distintos siendo los más comunes:

**Tipos de Fuego:**

- **Fuego tipo A:** originados por solidos
- **Fuego tipo B:** producidos por líquidos y gases inflamables
- **Fuego tipo C:** originados en equipos eléctricos
- **Fuego tipo D:** especiales, por combustión de metales
- **Fuego tipo K:** grasas y aceites

**II.4 Marco normativo**

La normativa aplicable desde la perspectiva de la OGUC, planta la resistencia al fuego de los distintos inmuebles y en el caso de las edificaciones industriales se evalúa también a través de la carga de combustible. El capítulo mencionado corresponde a:

**“CAPITULO 3 : DE LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIO”**

Esta tesina no busca explicar cómo se obtiene la resistencia de los elementos sino más bien entender que las edificaciones se les considera un tiempo de resistencia al fuego antes de colapsar, lo cual permite la evacuación de las personas con el fin de salvaguardar vidas. Para entender la estrategia primero se debe comprender las estrategias pasivas como activas, que se mencionan a continuación.

Dentro de la normativa plantea los sistemas de pasivos y activos de detección y extinción de incendios.

**Protección pasiva:** La que se basa en elementos de construcción que por sus condiciones físicas aíslan la estructura de un edificio de los efectos del fuego durante un determinado lapso de tiempo, retardando su acción y permitiendo en esa forma la evacuación de sus ocupantes antes del eventual colapso de la estructura y dando, además, tiempo para la llegada y acción de bomberos. Los elementos de construcción o sus revestimientos pueden ser de materiales no combustibles, con capacidad propia de aislación o por efecto intumescente o sublimante frente a la acción del fuego.

**Protección activa:** La compuesta por sistemas que, conectados a sensores o dispositivos de detección, entran automáticamente en funcionamiento frente a determinados rangos de partículas y temperatura del aire, descargando agentes extintores de fuego tales como agua, gases, espumas o polvos químicos.<sup>1</sup>

### **En el Artículo 4.3.3.**

Señala la resistencia al fuego según cada elemento constructivos para determinar el tipo de clasificación se debe evaluar el tipo el destino de la edificación para ver qué condiciones deben responde cada solución constructiva, en el caso de plantas industriales se diferencia con respecto a la tabla **xx** ya que la segunda tabla se evalúa mayormente por la carga de combustible de los recintos.

Figura 14 Clasificación al fuego según OGUC

ELEMENTOS DE CONSTRUCCION									
TIPO	1	2	3	4	5	6	7	8	9
A	F-180	F-120	F-120	F-120	F-120	F-30	F-60	F-120	F-60
B	F-115	F-120	F-90	F-90	F-90	F-15	F-30	F-90	F-60
C	F-120	F-90	F-60	F-60	F-60	-	F-15	F-60	F-30
D	F-120	F-60	F-60	F-60	F-30	-	-	F-30	F-15
	MUROS CORTAFUEGOS	MUROS ZONA VERTICAL DE SEGURIDAD Y CAJA DE ESCALERAS	MUROS CAJA ASCENSORES	MUROS DIVISORIOS ENTRE UNIDADES (HASTA CUBIERTA)	ELEMENTOS SOPORTANTES VERTICALES	MUROS NO SOPORTANTES Y TABIQUES	ESCALERAS	ELEMENTOS SOPORTANTES HORIZONTALES	TECHUMBRE INCLUIDO CIELO FALSO

Como se señalaba en el párrafo anterior se difiere con respecto a cómo se debe evaluar la resistencia al fuego, cabe destacar el desarrollo de estos análisis lo deben realizar profesionales que sepan sobre las clasificaciones y la obtención de análisis ya que esto dependerá salvaguarda vidas en caso de un accidente

Figura 15 Clasificación al fuego establecimientos industriales OGUC

DESTINO DEL EDIFICIO	DENSIDAD DE CARGA COMBUSTIBLE		N° DE PISOS				
	Media (MJ/m <sup>2</sup> ) según NCH 1916	Puntal máxima (MJ/m <sup>2</sup> ) según NCH 1993	1	2	3	4	5 o mas
Establecimientos industriales	Sobre 16.000	Sobre 32.000	a	a	a	a	a
	Sobre 8.000 y hasta 16.000	Sobre 24.000 y hasta 32.000	b	a	a	a	a
	Sobre 4.000 y hasta 8.000	Sobre 16.000 y hasta 24.000	c	b	a	a	a
	Sobre 2.000 y hasta 4.000	Sobre 10.000 y hasta 16.000	c	c	b	a	a
	Sobre 1.000 y hasta 2.000	Sobre 6.000 y hasta 10.000	d	c	c	b	a
	Sobre 500 y hasta 1.000	Sobre 3.500 y hasta 6.000	d	d	c	c	b
hasta 500	hasta 3.500	d	d	d	c	c	

Cabe destacar evaluar la resistencia de los elementos se encuentra en las fases iniciales del diseño de un proyecto, donde las decisiones que se toman pueden repercutir en el futuro del activo en caso de algún siniestro, es por ello que este no es el único punto sobre los planes de gestión de seguridad que se debe tener en consideración, sino también como se plantea un plan de evacuación efectiva el cual aborde las condiciones existentes de la edificación con los sistemas de pasivos como activos que cuente la

edificación, pero es clave que tanto en las etapas de diseño como en la fase de operación se puedan realizar simulaciones que permitan evaluar los riesgos que se encuentran involucrado a los colaboradores de la organización.

### **Cómo influye la carga combustible en un incendio:**

**Temperatura máxima del incendio** La temperatura máxima del incendio esta directamente relacionada con carga de combustible presente en un incendio, ya que al desarrollarse un incendio en sus etapas habrá una mayor tasa de liberación de calor y la temperatura al ser una medida de la energía presente en el sistema, a mayor energía calórica, existirá encontrar mayor temperatura.

### **Duración del incendio**

Mientras mayor es la carga combustible, mayor será la duración del incendio, debido a la mayor cantidad de material disponible para entrar en combustión. La duración de un incendio puede depender de la densidad de carga combustible MJ/m<sup>2</sup>.

### **Velocidad de propagación del incendio**

La carga combustible no afecta la velocidad de propagación del incendio, lo que si afecta es el producto del material (Ejemplo del aserrín y la pieza de madera sólida).

### **Probabilidad de ocurrencia de un incendio, Consecuencias de un incendio, Riesgo de Incendio**

Si se aumenta la carga combustible, es probable que existan más fuentes de ignición en contacto con el material almacenado (Por ejemplo; luminaria, cables eléctricos, u otros). Como consecuencias, si la carga combustible es menor, el daño será más leve hacia las personas y la estructura, mientras que a mayor carga combustible mayor liberación de calor, generando un aumento de temperatura, de humos, mayor potencia, llama más larga y penacho que sube con más fuerza. La carga combustible aumenta el riesgo de incendio mientras más elevada sea y dependiendo de las condiciones de almacenamiento.

### **Vías de evacuación**

Otro de los aspectos que señala la normativa son los aspectos de vías de evacuación correspondiente la que dependerá según la carga de ocupación de la edificación, para esto solicita informe que tenga un plan de evacuación.

**“Estudio de evacuación”:** evaluación de los sistemas de evacuación de una edificación en caso de emergencia, que garantice la salida de las personas, conforme a la carga de ocupación del proyecto, suscrito por un profesional especialista. 4

En estos informes responde ubicación de vías de evacuación como ancho de puertas requeridas en el proyecto.

## II.4.1 Leyes aplicables gestión de emergencia

La normativa chilena es extensa con respecto a criterios que se deben considerar para la etapa de diseño del proyecto, la cual debe responder a resistencia al fuego, vías de evacuación sistema de extinción con planes de evacuación. A continuación, se indican las normativas aplicables a cualquier proyecto.

Figura 16 Listado de normas chiles intendente a evacuación y prevención de incendio

LISTADO DE NORMAS CHILE INCENDIO Y EVACUACION			
<b>1,1 Norma generales sobre prevención de incendio en incendio</b>			
NCH	Características	Estado	Año
933	Terminología	Encontrado	97
934	Clasificación de fuego	Encontrado	94
<b>1,2 Normas de resistencia al fuego</b>			
NCH	Características	Estado	Año
935/1	Ensaye de resistencia al fuego parte 1 elementos de const general	Encontrado	97
935/2	Ensaye de resistencia al fuego parte 2 elementos puertas y otros elementos	Encontrado	84
2209	Ensaye del comportamiento al fuego de elementos de cont, vidriado	No encontrado	
<b>1,3 Norma sobre carga combustible en edificios</b>			
NCH	Características	Estado	Año
1914/1	Ensaye de reaccion al fuego parte 1 Determinacion de la no combustibilidad de materiales de construccion	No encontrado	
1914/2	Ensaye de reaccion al fuego parte 2 Determinacion del calor de combustion de materiales generales	No encontrado	
1916	Determinacion de carga de combustibles	Encontrado	99
1993	Clasificación de los edificios según su carga combustible	Encontrado	98
<b>1,4 Norma sobre comportamiento al fuego</b>			
NCH	Características	Estado	Año
1974	Pinturas Determinacion de retardo al fuego	No encontrado	
1977	Determinacion de comportamiento de revestimiento textiles a la accion de una llama	No encontrado	
1979	Determinacion del comportamiento de telas a la accion de una llama	No encontrado	
<b>1,5 Norma sobre señalizacion en edificios</b>			
NCH	Características	Estado	Año
2111	Señales de Seguridad	Encontrado	99
2189	Condiciones Basicas	Encontrado	92
2114	Prevencion de incendio en edificios condiciones basicas y clasificacion de las vías de evacuacion según carga de ocupacion	Encontrado	90
<b>1,6 Norma sobre elementos de proteccion y combate contra incendio</b>			
NCH	Características	Estado	Año
1429	Extintores portatiles Terminologia y definiciones	Encontrado	92
1430	Extintores portatiles Características y rotulacion	Encontrado	97
1433	Ubicación y señalizacion de los extintores portatiles	Encontrado	78
1646	Grifo de incendios tipo columna de 100mm diámetro nominal	Encontrado	98
<b>1,7 Norma sobre rociadores automaticos</b>			
NCH	Características	Estado	Año
2095/1	Sistema de rociadores parte 1 terminologias características y clasificacion	No encontrado	
2095/2	Sistema de rociadores parte 2 equipos y componentes	No encontrado	
2095/3	Sistema de rociadores parte 3 requisitos de los sistemas y de instalacion	No encontrado	
2095/4	Sistema de rociadores parte 4 Diseño planos y calculos	No encontrado	
2095/5	Sistema de rociadores parte 5 suministro de agua	No encontrado	
2095/6	Sistema de rociadores parte 6 recepcion del sistema y mantencion	No encontrado	

Esta normativa se encuentra aplicada en las etapas iniciales de proyecto pero cuando paso a la fase de operación, la gente encargada de mantener la información y analizar las mejores estrategia para los planes de seguridad , se olvida un poco de lo que se encuentra proyectado y como esto puede salvar vidas, el profesional Prevencionista de Riesgo, realiza planes que van mejorando la seguridad, muchas sin tener en

consideración al tipo de usuario o que tan bien mantenidas se encuentran los sistemas de extinción.

Se ha visto que distintas fabricas los planes de mantención son bien escueto y no se cuenta con una trazabilidad de los sistemas, lo que es potencialmente peligro ya que un incendio se puede propagar rápidamente si no se cuenta con las medidas necesarias para prever.

A continuación en la figura XX, se plantea una síntesis correspondiente a la interpretación de la normativa con respecto al tema de incendio el cual permite ver las 4 aristas relevantes, siendo claves el entendimiento de ellas para ver como la metodología BIM , puede aportar en el desarrollo de modelos los cuales puedan integrar esta información a través de parámetros integrados en sus entidades. Cabe destacar que esta tesina tiene el foco con respecto a la gestión de emergencia en casos de incendios, en la etapa de la operación del activo, pero para contar con un modelo que permita generar análisis se deben considerar estos parámetros ya integrados en sus respectivas entidades, lo cual permitirá poder desarrollar evaluaciones de los riesgos y generar estrategias para la gestión de emergencias.

Figura 17 Resumen de OGUC incendios



La normativa aplicable en Chile solamente plantea estudios de asimilación con respecto a soluciones constructivas ya existen sobre los elementos estructurales, pero no plantea soluciones prestacionales, que se describen en los capítulos siguientes.

“El estudio de asimilación está definido en el artículo 4.3.2 de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones, donde se estipula que: *“Si al solicitarse la recepción definitiva de una edificación, alguno de los elementos, materiales o componentes utilizados en ésta no figuran en el Listado Oficial de Comportamiento al Fuego de Elementos y Componentes de la Construcción y no cuentan con certificación oficial conforme a este artículo, se deberá presentar una certificación de un profesional especialista, asimilando el elemento, material o componente propuesto a alguno de los tipos que indica el artículo 4.3.3 de este mismo Capítulo y adjuntar la certificación de éstos en el país de origen”*.

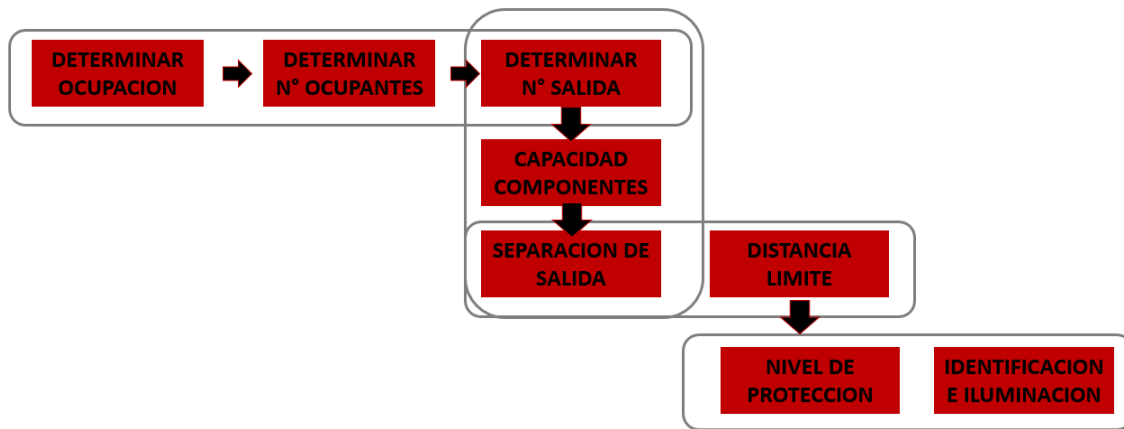
## II.5 Introducción “Análisis prescriptivo y prestacional

Para poder llevar a cabo el análisis de una edificación que de cumplimiento a los aspectos de normativos se plantea dos formas de desarrollar dicho análisis a través de:

- **UN ENFOQUE REGLAMENTISTA CONOCIDO COMO “CÓDIGO PRESCRIPTIVO”.**  
En la actualidad el desarrollo de proyectos solo se plantea desde la perspectiva de dar cumplimiento a las exigencias reglamentarias, dejando de lado otros factores, siendo bastante rígido y muchas veces si abordar la problemática de la edificación.
- **UN ENFOQUE TÉCNICO CONOCIDO COMO “CÓDIGO PRESTACIONAL”.**  
Este código prestacional tiene el foco de buscar la eficiencia en el desarrollo del proyecto, obviamente dando cumplimiento tanto a los aspectos normativos como también evaluando otros focos que son relevante al momento de diseñar como también de la gestión en emergencias.

Se presenta a continuación un esquema de cómo se lleva un análisis prescriptivo, dando cumplimiento a las exigencias normativas en Chile, con respecto a la estrategia que se debe llevar a cabo en caso de emergencias.

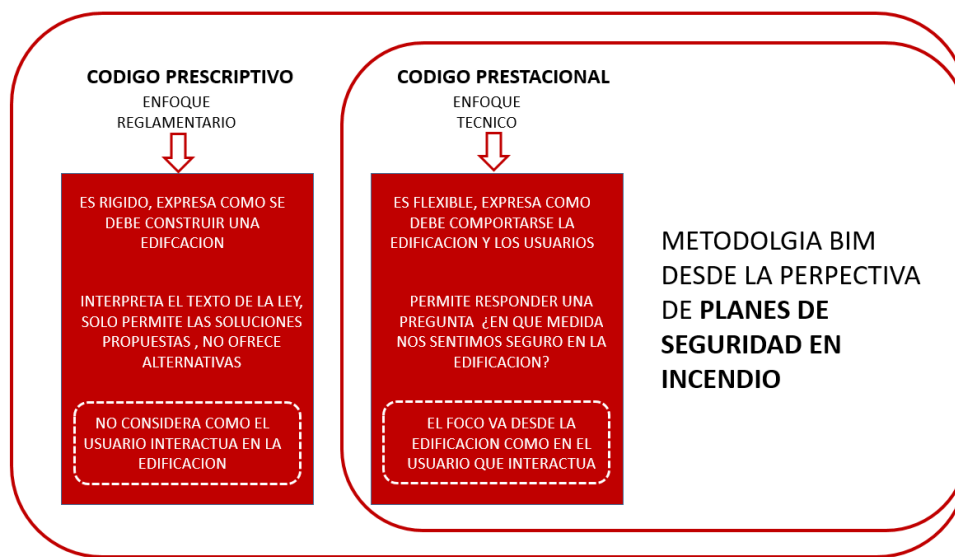
Figura 18 Fases resumidas de cómo llevar un análisis prestacional con la OGUC



Es el seguimiento de pasos, a través de los diversos artículos que presenta la OGUC, con respecto a la condición de la edificación, correspondiente al tipo de edificación, cantidad de ocupante y su uso, la cual determina bajo estas condiciones las salidas de evacuación sus anchos mínimos y distancia con respecto al punto de evacuación, identificando los niveles de protección pasivos y activos.

En el esquema xx, presenta una síntesis de estos enfoques, siendo el enfoque prestacional el cual nos puede abrir la puerta al aporte con los modelos BIM, los cuales se presenta a lo largo de esta tesina.

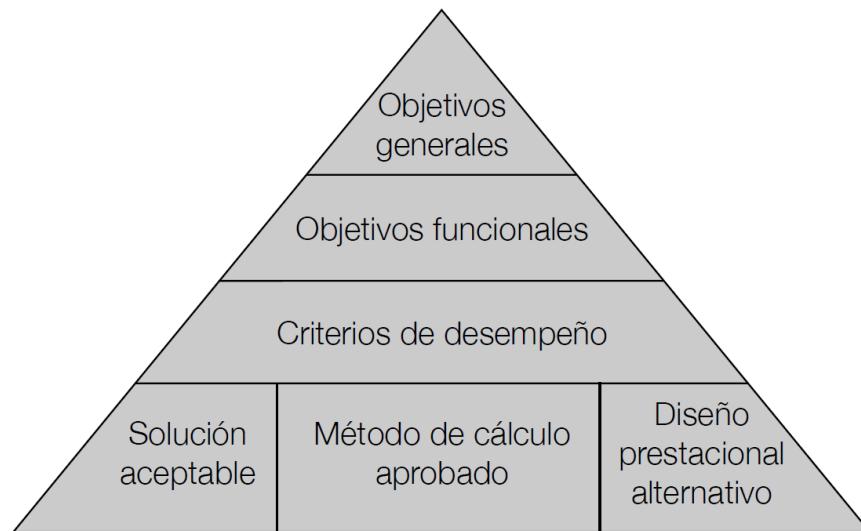
Figura 19 Comparación análisis prescriptivo vs prestacional





Como se ha planteado la metodología BIM, a través de los modelos ricos en información permitiría en fases tempranas de diseño poder ir evaluando las distintas condiciones considerando a través de modelos los riesgos involucrado en la edificación viendo cómo se comporta la edificación como también sus usuarios, adicionalmente a través de la generación de algoritmos generación de parámetros se podría ir evaluando el cumplimiento normativo de las condiciones de dicha edificación.

*Figura 20 Estructura jerárquica para diseño prestacional: según código de construcción de nueva Zelanda*



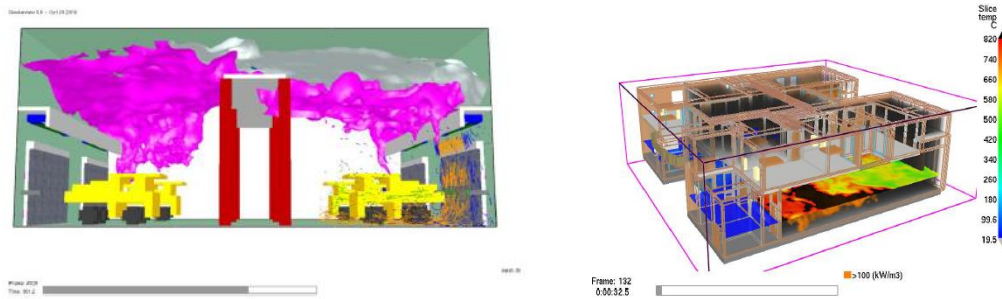
Para poder llevar a cabo los análisis prestacionales se debe tener en consideración ciertos parámetros tales como:

- Influencia de un incendio
- Comportamiento humano
- Tiempos de evacuación entre otros

A lo largo de la tesis se irán explicando los diversos conceptos planteados con el fin de ver cómo los modelos de información pueden ir entregando análisis para sus posteriores conclusiones sobre los modelos.

En las imágenes de referencia se plantean algunos modelos de información que permiten ir evaluando las condiciones de la edificación.

Figura 21 Modelos de análisis humo en recintos mineros



### II.5.1 Sistemas pasivos y activos

En el desarrollo de un incendio, es clave la alerta temprana, en poder dar aviso a los ocupantes para poder ir evacuando a las zonas seguras, como también alertar a los equipos que se encuentran designados dentro de la organización para poder ir a la extinción del incendio, como también evacuar al personal llevándolos a las zonas seguras, es por ello que contar con sistema de alerta temprana se hace primordial en caso de un accidente.

#### Sistema de protección pasiva

Corresponde a toda medida que permite proteger una edificación desde su diseño y la composición de sus sistemas constructivos, a continuación, se indican algunos puntos los cuales permitirán tener una idea sobre la protección pasiva.

- Medidas constructivas y de distribución de espacios
- Barreras contra la propagación
- Limitan el volumen del fuego
- Condicionan velocidad de propagación de un fuego en un recinto /sector (combustibilidad de revestimientos.
- Proporcionan “tiempos abierto” a las estructuras
- Proveen vías de evacuación y acceso
- Actúan protegiendo el entorno del sector del incendio

#### Sistema de protección activa

Las protecciones activas son todos los sistemas anexos a la edificación los cuales colaboran tanto para la alerta de incendio como la extinción de este. Dicha protección permite:

- Disposición de medios detección, alarma y comunicación
- Disposición de equipos y sistemas de control y extinción de incendios
- Disposición de medios de control o manejo de sus efectos
- Su actuación depende de la disponibilidad de energía
- Actúan principalmente sobre el sector de fuego
- Su diseño debe ser integrado en las etapas de diseño de un proyecto

Se puede resumir en dos grandes áreas sistemas de alarmas y sistema de extinción  
Es por ello que se plantea la pregunta.

¿Cuándo es necesario un sistema de alarma?

### **Según la OGUC, ART 4.3.8**

En todo edificio de 5 o más pisos de altura cuya carga de ocupación sea superior a 200 personas, se deberá instalar un sistema automático que permita detectar oportunamente cualquier principio de incendio y un sistema de alarma que permita, en caso de emergencia, alertar a los usuarios en forma progresiva y zonificada según convenga.

En relación al reglamento de almacenamiento de sustancias peligrosas exige también detección basada en NFPA o norma similar.

Si se analizan otras instalaciones como son el caso de edificaciones mineras, según el Reglamento de seguridad minera Art 327. Tanto la construcción de cualquier edificio o instalación de una planta de tratamiento de minerales donde exista un alto riesgo de incendio, se deberá disponer de los medios y sistemas para detectarlos y controlarlos, considerándose para este efecto, todas las medidas que sean pertinentes a objeto de mantener bajo tal riesgo.

Actualmente en el contexto chileno, no existe una norma en específico que indique que tipo de sistema de alarmas se deben disponer para la carga de ocupación o destino de la edificación, es por ello que las distintas fábricas en Chile, quedan a la disposición del profesional a cargo o también los objetivos de la organización que indicara cual es el nivel que desean con respecto a la equipos y sistemas a colocar para resguardar sus instalaciones.

Es por ello que se plantea otra pregunta:

### ¿Para qué instalar un sistema de detección y alarma?

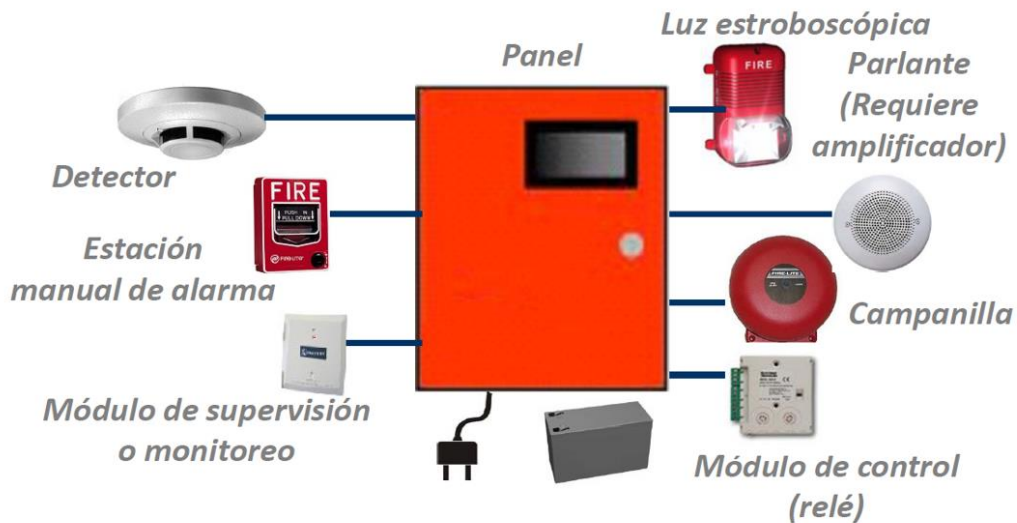
- Para disminuir el tiempo de evacuación (detecta y avisa).
- Para facilitar las labores propias de control de un fuego.
- Para notificar prontamente a cuerpos de auxilios externos.
- Para activar sistemas automáticos de extinción.
- Para activar de modo automático medios de apoyo
- Para detener equipos y procesos

Como se ha planteado anteriormente el poder prevenir y dar aviso oportuno en caso de un foco de incendio dentro de una fábrica, tiene como objetivo principal salvaguarda las vidas de los colaboradores de la organización, como también los activos que se cuenten ya que son la herramienta de producción física como económica de la organización.

### Sistema de detección y alarma de incendio

Un sistema constituido por circuitos y dispositivos iniciadores, supervisores e indicadores de alarma en un entorno tal que supervisan la integridad física del sistema y anuncian el estado de alarma de incendio e inician las respuestas a estas señales.

Figura 22 Sistemas de detección y alarma de incendios



Lo planteado en el esquema, corresponden a sistema activo de alarma lo cual pueden dar alerta para la evacuación del recinto afecta, como también programar la evacuación de los usuarios.

Los sistemas de detectores de humos son clave para dar la alarma de donde se encuentra el humo que pueda afectar las instalaciones de la fábrica, también existe una gran variedad de estos detectores, según la condición del recinto es por ello que es clave en las etapas de diseño trabajar con profesionales idóneo con respecto al diseño contra el fuego.

### Sistema de extinción

Los sistema de extinción se podría , son variados y estos responderán al objetivo que se tenga con respecto a cómo se desea combatir el fuego .

### Redes húmedas y redes secas

*Figura 23 Sistema de redes Húmedas*



### Sistema de sprinkler

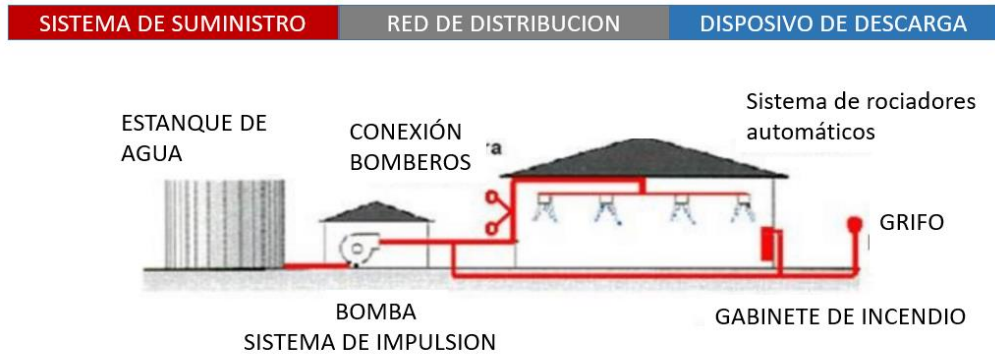
Los cuales se activan en la zona del incendio con el fin de extinguir el fuego lo más pronto posible, dando la alerta a la central de incendio, la cual se encuentra en un lugar estratégico dentro de las instalaciones, con el fin que el encargado pueda distribuir los recursos necesario, para la extinción y evacuación de los colaboradores.

*Figura 24 Sistemas de sprinkler*



Para mantener en operación estos sistemas se debe contar con un equipo que pueda realizar los mantenimientos respectivos, a continuación, se presenta un esquema del funcionamiento de estos sistemas de extinción a través de la red incendio.

Figura 25 Esquema de extinción de incendios

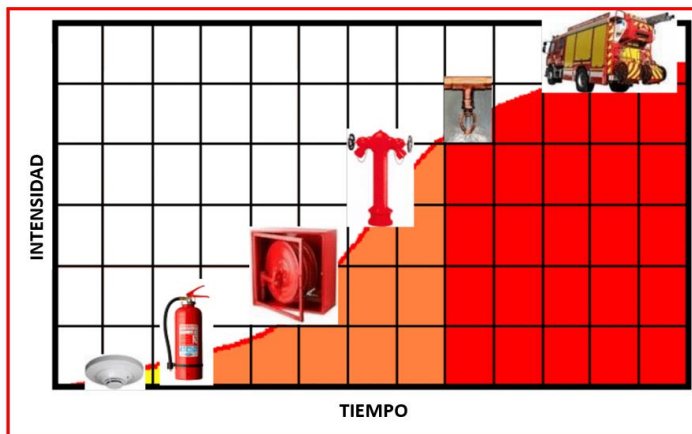


Otros de los sistemas de extinción siendo los más comunes los cuales se son exigidos por norma corresponden a los extintores, los cuales existe una norma chilena, el cual señala el requerimiento, la ubicación y cantidades de estos, destacando que estos son un complemento a los otros sistemas, ya que en su conjunto de sistema pueden extinguir un incendio.

### Nivel de protección activa contra incendios

Para cerrar el ciclo de los incendios y sus sistemas de extinción se presenta un esquema de cómo va progresando un incendio según el tiempo de reacción que se tenga y la magnitud de dicho incendio.

Figura 26 Tiempo de extincion segun grado de avance



Se parte desde la alerta a través sensores, los cuales comunican a la central de incendio, donde la primera instancia es evaluar el riesgo y apagar el fuego con extintores, y redes húmedas, tales hasta la llegada de bomberos los cuales puedan controlar el siniestro.

## Sistemas de señalización y iluminación

La normativa chilena señala el tipo de señalización y iluminación que sea apta para la evacuación de algún recinto en caso de algún siniestro, considerando que la visibilidad en un incendio disminuye considerablemente, lo cual hace esencial contar con señalización y iluminación adecuada que permita la evacuación de las personas hacia zonas seguras.

Según la Oguic, Art 4.2.29 indica que:

- Todas las vías de evacuación y sus accesos deben identificarse mediante señales de graficas adecuadas.
- En cada caso deben contemplarse las señales necesarias para facilitar la evacuación de los ocupantes hasta el exterior, minimizando cualquier posibilidad de confusión durante el recorrido de escape en situación de emergencia.

### II.5.2 Descripción de análisis prestacional en los proyectos

El análisis prestacional como ya anteriormente se ha comentado tiene que ver no solamente con lo que la norma solicita sino mas vez evaluar como la edificación y sus ocupantes se comportarían bajos situaciones de emergencia y que sistema son necesarios implementar para salvaguardar la vida de los ocupantes como también que exista la menor perdida de activo.

En el capítulo anterior se planteó sobre que indica la norma con respecto a situaciones de incendios y que sistemas son necesarios para la extinción de un incendio, todo esto tiene como objetivo dar el tiempo suficiente para que un humano pueda evacuar el recinto siniestrado, es por ello clave poder entender el comportamiento bajo situaciones de estrés.

Es común estimar aceptable un diseño si este cumple con las “normas”, pero las normas de vías de evacuación prescriptiva, no consideras ciertas variables que hace que el comportamiento humano bajo condición de emergencia tales como:

- No se “ve” el fuego ni sus efectos
- No es explicito el tiempo de evacuación
- Se desconocen bases técnicas y supuestos para su desarrollo
- Son normalmente adaptadas o adoptadas sin su contexto



La evacuación es una de las herramientas para lograr un nivel aceptable de seguridad de vida, otras opciones de protección es desplazamiento hacia zonas de seguridad interior, cabe destacar que todas estrategias de evacuación requieren un diseño enfocado al comportamiento de las personas.

### III.5.2.1 Comportamiento humano en emergencias

En distinta bibliografía plantea los tiempos de reacción de una persona en condiciones normales, pero si se coloca la condicionante de que esta se encuentra bajo una situación de emergencia los tiempos cambian existiendo desorientación con respecto al espacio, entendiéndose que la zona siniestrada se encuentra con humos y un aumento de la temperatura como otros efectos antes mencionados, lo cual produce desorientación y una acumulación de personas en las vías de evacuación las cuales se aglomeran y no permiten una evacuación efectiva.

Como se puede observar en la imagen de una evacuación de un recinto donde la gente se aglomera, pudiendo producir alguna muerte por aplastamiento.

*Figura 27 Foto de personas aglomeradas evacuando*



### III.5.2.2 Factores que influyen para toma de decisiones en emergencia

Los factores que influyen para tomar la decisión de evacuar corresponderá que tan temprana es la alarma de evacuación y como los colaboradores se encuentran entrenados en caso de algún siniestro, donde el prevencionista de riesgo es un actor clave en capacitar a los colaboradores de la organización, generando simulacros controlados de evacuación con el fin de estar preparados en caso de una emergencia.



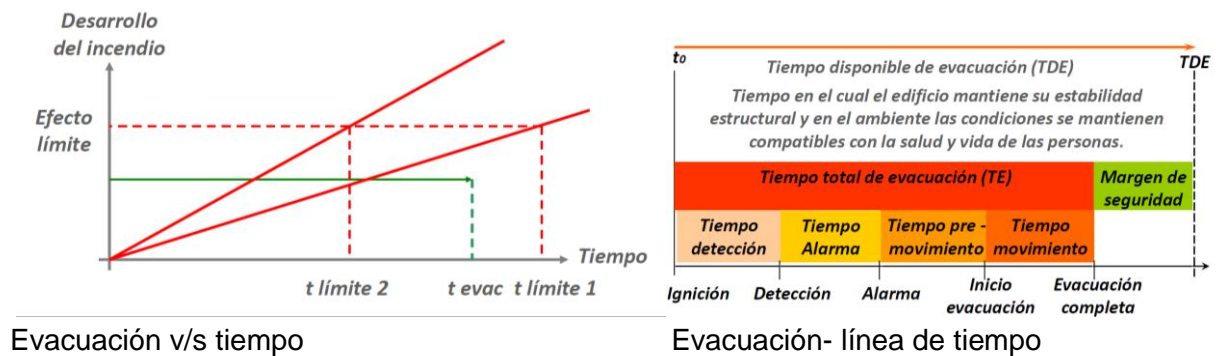
Los tipos de evacuación y toma de decisión responderá como se zonifican las áreas y cuál es el plan de emergencia, a continuación se presenta los tipos de evacuación y los factores que influyen.

Tipos de evacuación	Factores
Evacuación por fase	Antropometría
Evacuación masiva	Velocidad
Evacuación asistida	Entendimiento
Evacuación residual	Entrenamiento

### III.5.2.3 Tiempo de evacuación

Para entender los tiempos de evacuación se presentan unos esquemas que ejemplifican en el factor de tiempo antes de que un usuario tome la decisión de salir de algún área que se pueda comprometer en un incendio.

Figura 28 Esquema tiempos de evacuación



Desde el inicio de un fuego hasta que la persona toma la decisión de evacuar se pierden valiosos minutos, los cuales se deben ir mejorando a través de las alertas tempranas en caso de una emergencia, la mayoría de la gente antes de actuar se queda en el mismo lugar pensando que el siniestro se encuentra más lejos de donde ellos están o muchas veces no toman la iniciativa de dar la alarma a los equipos de emergencia, si los tiempos de evacuación son mayores a los calculados, podría tener una fatalidad, por el solo hecho al tiempo de reacción.

### III.5.2.4 Criterios de evacuación

A continuación, se presentan algunos criterios de evacuación que son claves para poder ir determinando los usuarios y su reacción ante una emergencia. Los tiempos de pre movimiento antes de actuar.

Figura 29 Esquema tiempo pre movimiento

Destino	$\Delta T$ primero (min)	$\Delta T$ 99 % (min)
Estacionamiento	2,0	4,0
Cine	1,5	3,5
Hotel	20,0	20,0
Oficinas	1,5	2,5
Comercial	2,0	4,0

PD 7974 -6 The application of fire safety engineering principles to fire safety design of buildings – Part 6 Human factors: Life Safety Strategies – Occupant evacuation, behaviour and condition.

Edad de las personas	Velocidad de desplazamiento promedio (m/s)		
	Horizontal	Escalera descendente	Escalera ascendente
Niños	0,88	0,45	0,18
18 – 19 años	1,12	0,55	0,44
30 – 50 años	1,12	0,56	0,41
> 50 años	0,86	0,47	0,33
Promedio	1,00	0,51	0,34

## II.6 Procesos, políticas, tecnología y personas en planes de seguridad con BIM

### 1. Objetivos de la utilización de BIM

#### a. Objetivo Generales

Se entenderá por objetivo general de la utilización de BIM la meta principal que se quiere alcanzar a través del uso de esta metodología en un proyecto determinado. El objetivo general debe ser claro, conciso, alcanzable en los plazos definidos con los recursos disponibles y debe estar orientado a resultados concretos.

Un ejemplo de objetivo general en la fase de operación podría ser “La mejora en la productividad del mantenimiento del activo”.

#### b. Objetivos Específicos

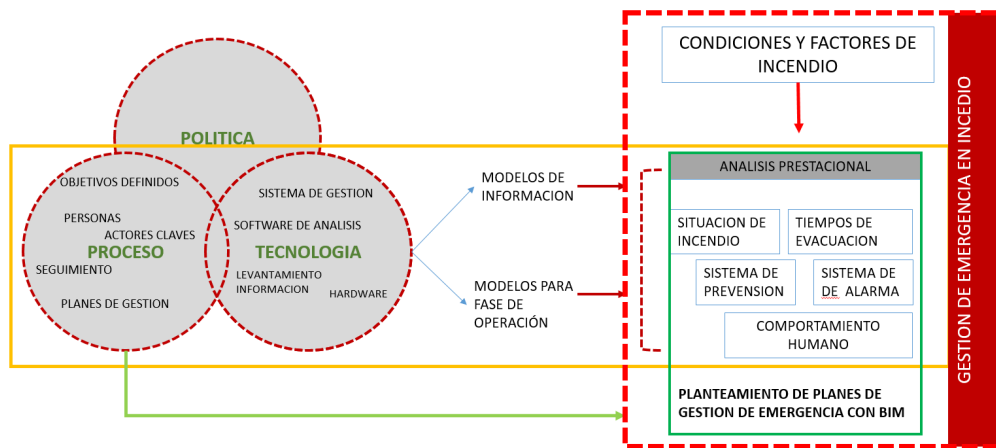
Los objetivos específicos de la utilización de BIM en el proyecto son metas enfocadas a tareas medibles que apuntan a responder a los problemas concretos del mismo.

Algunos ejemplos de objetivos específicos en la fase de operación podrían ser “ Medir la productividad con el uso de componentes de bajo consumo ” o “ Facilitar la colaboración y comunicación entre los distintos actores involucrados “.

En los capítulos anteriores se ha planteado los diversos temas sobre que es un incendio, como de evalúa a través de los aspectos normativos de los análisis prescriptivo y prestacional, sistema pasivos y activo para resguardar la vidas de las personas y como

los usuarios se comportan en situaciones de emergencia, siendo claves estos puntos de entender para poder acercar la metodología bim en el desarrollo de estrategias que permitan adelantarnos a situaciones como también evaluar los sistema que se encuentra operativos y como contar con un seguimiento de la información. Es por esto que es clave entender como la metodología bim es un aporte en la disciplina de planes de emergencia en cualquier tipo de emergencia, para el caso de esta tesina situaciones de emergencia en condición de incendio.

Figura 30 Esquema integración BIM, factores de incendios



Donde la combinación de los tres nodos correspondientes a proceso-política-tecnología, nos pueden llevar a un camino de análisis y de mejoramiento de las condiciones de emergencia donde el capital humano es clave para llevar acabo las transformaciones que se desean.

Actualmente la operación de los activos en la mayoría de las plantas donde se pudo obtener alguna información utilizan métodos arcaicos con información poco fidedigna a la realidad, teniendo un desconocimiento del sistema de extinción como y de sus respectivos mantenimientos, es por estos motivos que se debe plantear una estrategia la cual este enfocada a estos tres nodos los cuales se describen a continuación enfocada en los planes de emergencia:

### Proceso

Para llevar acabo de cómo está la situación el encargado de llevar acabo los nuevos planes de emergencia, debe desarrollar una matriz que le permita poder levantar los procesos que tiene la organización con el fin de tener una radiografía de la situación actual de esta manera podrá evaluar los recursos necesarios, para poder realizar los cambios que se requieran identificando las áreas críticas que se quieren abordar.

**Plantearse los objetivos:** el encargado de llevar dicho proceso deberá plantear los objetivos que se esperan obtener con la metodología BIM, los cuales deben ser consensuados con los actores que desean el cambio como son los gerentes de la organización, donde es clave indicar los avances y que esta metodología le permitirá mejorar procesos obsoletos los cuales no saben si van a funcionar en caso de un siniestro de incendio.

### Política

La organización tiene que tener objetivo del porque quiere llevar acabo nuevos procesos y como estos los pueden beneficiar al activo como a la protección de sus colaboradores, siendo los colaboradores y las áreas de gerencia actores claves para generar políticas de cambio a nivel de organización, con el fin de alcanzar los objetivos que se hallan determinado.

### Tecnología

La tecnología va ser un actor clave para poder levantar la información que se requiera del activo, es importante evaluar que herramientas tecnológicas permitirán llegar al objetivo que se hallan planteado, ya que no se requiere tener todos los softwares para dar soluciones específicas, para el caso de planes de emergencia donde se deberá realizar un levantamiento de las condiciones existente para ver que información es oportuna de colocar, se debe tener en consideración como se va rentabilizar la inversión de la tecnología como se podrá sacar el mayor provecho a dicha tecnología.

### Personas

Los actores claves para poder llevar los cambios que se hallan planteados, son las personas donde concientizando sobre lo que se está haciendo y cuál es el fin final de esto podrán habiendo adeptos al cambio los cuales serán promotores del cambio. Partiendo por la concientización de las gerencias para luego ir a los colaboradores de la organización.

## II.7 Identificación de usos BIM para la gestión de emergencia

El plan BIM, a través de la identificación de los 25 usos BIM, permite dar directrices de como poder gestionar la información con respecto a la fase de proyecto.

Esta tesina aborda el problema desde la perspectiva de la operación del activo, teniendo en cuenta que gran parte de las fabricas ya son existente donde no cuentan con modelos de información, por lo cual el levantamiento de la información es clave y es necesario que información es la que se quiere indicar en las entidades identificando los NDI.

Como antes señalado el USO BIM que se está llevando acabo correspondiente

## 25. PLANIFICACION Y GESTION DE EMERGENCIA

Dada la condición actual de las plantas industriales este uso BIM por si solo no nos permitiría llevar a cabo un proceso metodológico que beneficie a las organizaciones, en sus planes de emergencia es por ellos que se deben integrar los otros usos bim con el fin que nos puedan dar respuesta a los objetivos que se planteen.

Figura 31 Tipos de información según el uso BIM 25



Este uso bim se encuentra en la fase de operación del activo donde el estándar bim ha definido el tipo de información que deben contener los modelos siendo:

TDI_A	Información general del proyecto
TDI_B	Propiedades físicas y geométricas
TDI_C	Propiedades geográficas y de localización espacial
TDI_E	Especificaciones técnicas
TDI_F	Requerimiento y estimación de costos
TDI_I	Condiciones del sitio y medioambientales
TDI_J	Validación de cumplimiento de programa
TDI_K	Cumplimiento normativo
TDI_M	Logística y secuencia de construcción
TDI_O	Gestión de activo

Los tipos de información como lo indica el estándar BIM, para proyecto públicos corresponde a:

- Grupo de datos que pueden estar contenidos en los modelos

Pero si evaluamos la situación actual de las plantas industriales donde no se cuenta con un registro de los activos que se cuentan, no tienen claro las fechas de mantención de los sistemas de incendios, los planes de mantención y de emergencia no se encuentran actualizados y no conversan entre sí, siendo común denominador en las plantas industriales, no se puede llevar a cabo una planificación y gestión de emergencia con la metodología BIM.

Es clave poder realizar el levantamiento de los procesos para luego evaluar que recursos son necesario para poder llegar a la utilización de este uso bim.

A continuación, se plantea un esquema que interrelaciona los usos BIM, declarados para luego llegar es este fin último de llevar acabo la metodología con el USO BIM 25.

El ideal de un proyecto es poder llevar la metodología desde un inicio donde en las etapas tempranas poder diseñar evaluando todas las condicionantes, pudiendo generar modelos de análisis previos antes de su construcción, pero si la nos encontramos en la etapa de operación donde el activo ya se encuentra construidos, se deberá contratar distintos servicios que permitan el levantamiento de las condiciones existente, acorde a la información requerida por los TDI, antes declarados.

Figura 32 Interrelación de los usos BIM predominantes



Basada en Project Execution Planning Guide version 2.1, mayo 2011

Como se planteó este uso bim por si solo, no es suficiente si no se cuenta con la información y el desarrollo del modelo es por ello que se considera clave poder trabajar en los otros uso bim que se declaran en el esquema como es el caso de:

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Levantamiento de condiciones existentes</li> <li>• Gestión de activos</li> <li>• Mantenimiento preventivo</li> <li>• Gestión y seguimientos de espacios</li> </ul>	<p><b>25. PLANIFICACION Y GESTION DE EMERGENCIA</b></p>
---	---

Siendo estos usos clave para poder desarrollar planes de planificación y gestión de emergencia, cabe destacar que cada uno de los usos declarados cuentan con niveles de información (NDI) y tipos de información (TDI) en específico declarados en el estándar BIM, siendo de importancia tener en conocimiento para para poder desarrollar modelos con la información que se requiere, sin necesidad de generar mayor información de la requerida.



Teniendo clara la información que se requerirá del activo, especialmente los sistemas de alarma temprana, sistemas de extinción, con sus respectivas fechas de mantención y características de los componentes, zonificación de áreas según el grado de riesgo por la actividad que se desarrolla, que las entidades claves cuenten con la información necesario, permitirá poder tomar decisiones y conocer el estado de los activos respectivamente en tiempo real pudiendo evaluar situaciones, permitiendo adelantarse a futuros problemas.

Imágenes de modelos de salas de bomba de incendios

*Figura 33 Imagen Ref sistemas de calderas*



## **II.8 Software de información para la gestión de emergencia**

En el mercado tecnológico existe una gran variedad de software que permiten desarrollar análisis de distintas condiciones de emergencias y su comportamiento humano bajo condiciones extremas, pero se debe tener en consideración que los programas computacionales pueden arrojar información no correcta si no existe un profesional que tenga expertis en el tema ya que puede llegar a error en el diseño por no considerar parámetros claves en el desarrollo , es por ello que los capítulos anteriores se dio hincapié en entender las condiciones de un incendio, como es el comportamiento humano bajo condiciones extremas. Por este motivo se debe ir cauteloso con respecto a la información que van entregando los programas ya que dicha información se debe interpretar, para evaluar condiciones de un incendio.



### III.8.1 Software de evacuación- incendios

Se revisaron diversos proveedores de software cuenta con programas para llevar acabo análisis de situaciones de incendio, comportamiento al fuego al humo y vías de evacuación, como también la gestión de los activos permitiendo mantener la información en tiempo real de las condiciones del activo.

En primera instancia se analizarán los softwares más comunes con respecto a situaciones de incendio y de evacuación, para luego pasar a otros programas que tienen que ver mayor mente con la gestión del activo.

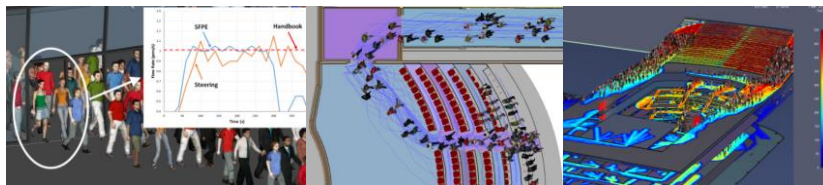
Software de evacuación

#### **Pathfinder**

Es un simulador de vía de evacuación de emergencia, que permite generar análisis de tiempos de evacuación, con un visualizador 3D, de cómo se comportaría la gente ante una evacuación de emergencias.

- Opciones de importación de otros software como también formatos IFC
- Malla de movimientos continuos
- Modo de simulación múltiples
- Movimientos de los ocupantes hacia las salidas
- Gráficos de contornos
- Evacuaciones asistidas

*Figura 34 imagen de software de evacuación*



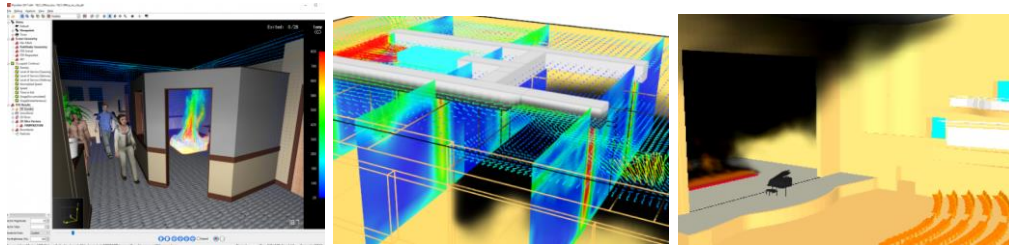
Software Dinámica de incendio y control de Humo

#### **PyroSim**

Es un simulador que permite crear condiciones de incendio en recintos evaluando la carga de combustibilidad de este y la generación de humo, permitiendo conectarse con el programa de evacuación, de esta manera permite al profesional determinas cuales son las condiciones más riesgosas.

- Opciones de importación de otros softwares como también formatos IFC
- Analizar resultados visuales
- Evaluar los sistemas de HVAC
- Dar propiedades a los elementos con carga de combustible

Figura 35 Imagen software de incendio



Los programas Phatfinder y Pyrosim, son programa de análisis de obtención de información la cual permite evaluar los diseños para tomar las mejores estrategias con respecto aun siniestro de incendio, cabe destacar que estos son uno de tanto programas que existen en el mercado, los cuales actualmente se encuentran trabajando con formatos abiertos como es el caso del IFC.

Lo ideal que estos análisis se puedan hacer en las fases temprana del diseño, pero si es en el caso que el activo ya se encuentre en uso, también se podría llevar acabo estos análisis con el fin de actualizar los planes de emergencia que cuentan las plantas industriales y evaluar cómo sería un siniestro bajo ciertas condiciones permitiendo la toma de decisión de forma informada.

Existen otros softwares que se encuentran enfocado a planificación de emergencias, los cuales pueden apoyar en el desarrollo de los planes de emergencia, permitiendo trabajar con modelo, pero mayormente en la generación de matrices y gestión de recursos, pudiendo complementarse a la metodología BIM.

#### Software de URBICAD

- **Evaluación de Riesgos**
- **Planes de Protección Civil**
- **Plan de Emergencia y Evacuación**
- **Plan de Emergencias Comunidades (Condominios)**
- **Gestión y Administración de Planes de Emergencia**

Figura 36 Software de gestión de emergencias



### III.8.3 Otro software y IFC

Corresponde a software de mantenimiento del activo, los cuales permite tener una visión actualizada de las instalaciones, siendo formatos abiertos

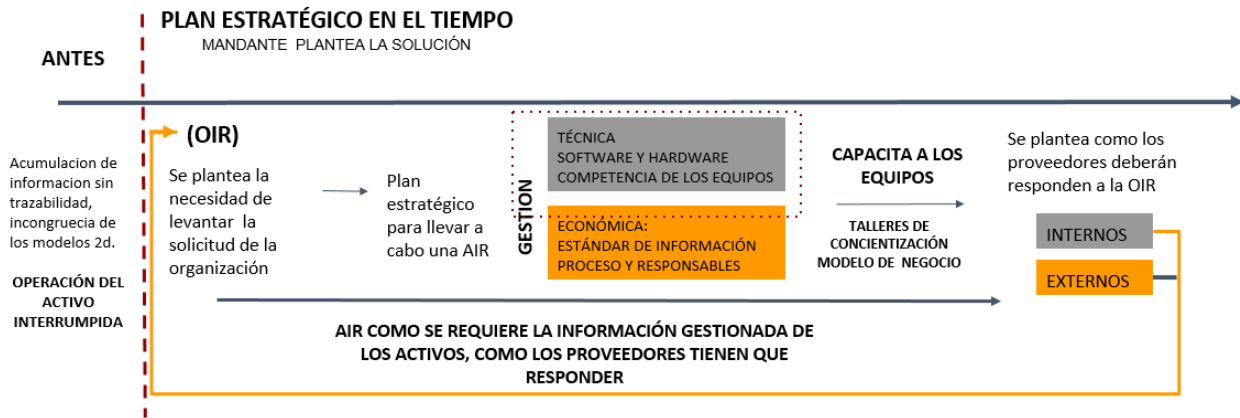
En resumen, BIM / IFC admite:

- Gestión integrada de instalaciones
- Cuadro operativo común para la planificación actual y estratégica
- Toma de decisiones visual
- Estándares abiertos y universales
- Comprobaciones automatizadas de código y rendimiento
- Modelo de costo total de propiedad
- Simulaciones energéticas, rendimiento
- Seguridad física (CBR, edificio enfermo)
- Simulaciones 4D inteligentes
- Gestión de la construcción

### III.8.4 Interoperabilidad para la gestión de activo en planes de emergencia

La buena gestión, del activo va depende del plan estratégico que permita tener los objetivos claros de lo que se quiere lograr con el mantenimiento del activo, es por ello que en el esquema a continuación se plantea como se debería llevar acabo dicho proceso, para que pueda tener éxito en el tiempo.

Figura 37 Esquema de plan estratégico de implementación



## II.9 Como los modelos digitales, aportan para la toma de decisiones

Los modelos serán clave en la toma de decisiones siempre y cuando se tenga un objetivo de lo que se quiere obtener, ya que la manipulación de los modelos, la inserción de información debe estar estandarizada entre los diversos actores, con el fin que la información pueda ser trazable y estar acorde a la situación de la planta industrial, de esta manera se podrán tomar medidas y prever acciones necesarias en el caso de un incendio.

### III.9.1 Gestión de la Información que deben desarrollar los equipos de trabajo

La gestión de la información debe estar liderada por un equipo que allá realizado la estandarización de los procesos, llevando a cabo análisis de la información que se obtiene y como esta se va actualizando en el tiempo. A continuación, se presenta esquema de la gestión a desarrollar en cada proceso que se lleve para el plan de emergencias con metodología BIM.

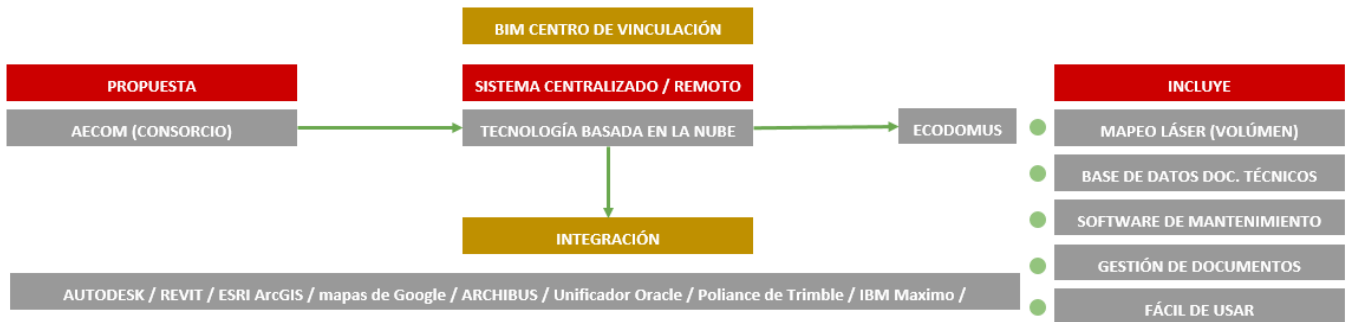
Figura 38 Esquema gestión de la información



### III.9.2 Mantenimiento de modelos de información para planes de gestión de emergencias

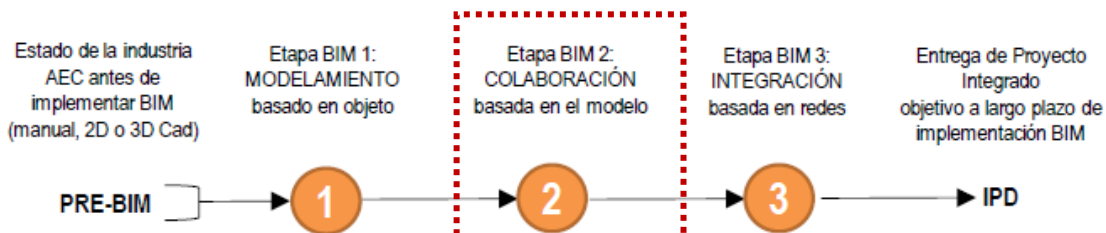
A continuación se presenta un esquema de como se debiese llevarse la información de los modelos a través de un entorno compartido de trabajo donde los distintos actores tendrán roles los cuales serán responsable de la información que se vaya generando.

Figura 39 Esquema traspaso de información



### III.9.3 Nivel deseado de madurez en la organización para llevar el proceso de metodología BIM, sobre los planes de emergencia.

Para que la organización, pueda ser exitosa en este proceso de llevar planes de emergencia con la metodología bim debe estar en un estado de madurez, donde ya tengan claro los conceptos de los nodos del bim antes señalados Procesos-política-Tecnología y personas, tener conocimiento del entorno común de datos como los estándares que Chile tiene con respecto a la metodología BIM, se considera que se debería estar en una etapa de BIM 2, para que los objetivos de llevar en etapa de operación los sistemas de gestión de emergencia.



Madurez BIM dividida en tres etapas. Fuente: Succar (2008)

## CAPITULO III. USO Y APLICACION

### III.0 Caso aplicado planta industrial Lampa

A continuación, se presenta un caso de estudio que está más bien enfocado, a la situación actual de una planta industrial, la cual no cuenta con un sistema de gestión clara de los sistemas de emergencia, donde se presentaran los inconvenientes que tienes ya que esto es un denominador común dado el desconocimiento sobre nuevas herramientas de gestión que existen.

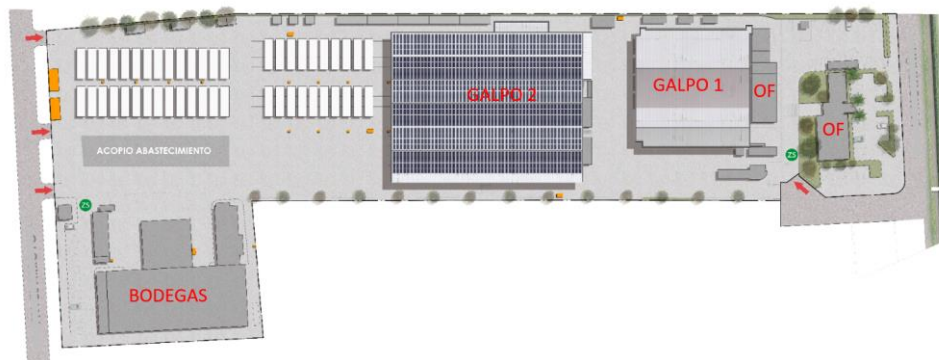
En este estudio de caso no se plantea llevar el proceso de implementación antes planteados en los capítulos sino más bien poder realizar un levantamiento de las condiciones existente con respecto a sus procesos y como se podrían mejorar si llegase llevar a cabo la metodología BIM.

Por razones de confidencialidad solo se señala que es una planta industrial en la comuna de Lampa.

Esta planta estudiada corresponde a una fábrica de productos de madera, donde cuenta con gran carga de combustibilidad dado los procesos que llevan a cabo.

#### Planimetría planta industrial Lampa

*Figura 40 Planta de arquitectura Industrial*

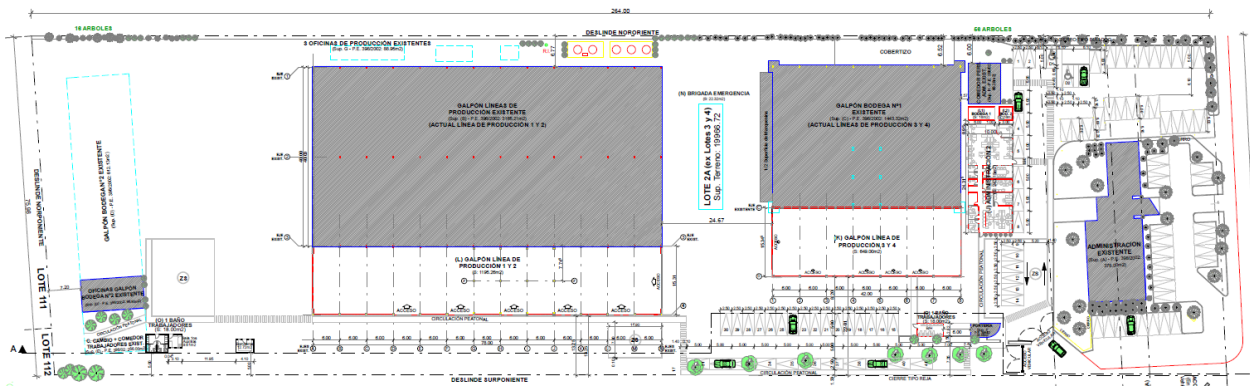


PLANTA DE CUBIERTA





PLANTA PRIMER NIVEL



Se le solicita a la gente encargada que pudieran facilitar la planimetría as-built de la planta industrial, donde los distintos actores que se suponía que debería contar con la información, no tenían claro cuál era la última arquitectura, tampoco se tenía conocimiento de las otras especialidades.

Dejando en evidencia que la empresa se encuentra en un proceso de pérdida de la información, considerando que son los activos de la organización los que se están resguardando

Cuando se les consulto, como se llevaba el mantenimiento de los equipos de extinción de incendio se señaló que se contaba con una planilla excel y que existía el encargado de planta que lleva la gestión de mantenimiento.

### **III.0.1 Plan de gestión de emergencia actual, gestión de mantenimiento del activo**

Los planes de gestión de emergencia dentro de la organización se encuentran estandarizados y actualizados, llevando planes de capacitación de sus trabajadores hacia las zonas seguras.

En relación a las mantenciones del activo, el encargado de planta cuenta con un equipo de colaboradores que van realizando las mantenciones por zonas según la planificación que se tenga dejando registro en documentos excel de las tareas desarrolladas.

La matriz de activo es un documento genérico que no señala que tipos de piezas son las críticas en los sistemas de incendio, y el tiempo de revisión de los distintos componentes.

### **III.0.2 Software para mantención del activo**

La empresa solo cuenta con un software de gestión denominado SAP, el cual van dando las tareas y asignando recursos.

## **III.1 Radiografía de situación de la planta industrial**

Se observa una carencia en la información As-built versus lo existente, no se cuentan con protocolos claros sobre la mantención de los activos, para el nivel de producción las estrategias de mantención de los sistemas de emergencia son pocas eficientes, lo que hace un mayor costo en el mantenimiento de los equipos.

En caso que se produzca un incendio en sus instalaciones no sabrían si los equipos se encuentran operativos lo que genera un riesgo en sus instalaciones como también en la vida de sus colaboradores.

## **III.2 Método de levantamiento protocolo y usos BIM**

Para llevar a cabo una estrategia de implementación de la metodología BIM, es necesario poder concientizar a las gerencias con respecto a los riesgos existentes por la baja mantención, que incurre la planta para ello se planteara a continuación los pasos a llevar para que la inversión que deberán incurrir, para poder contar con un modelo que sirva en la gestión del activo.



- Se plantearán los objetivos generales y específico de lo que se quiere lograr con la implementación de la metodología BIM, para la gestión de emergencia y gestión de activos.
- Se llevará una carta gantt, con los tiempos con los tiempos que se lleva realizar las diversas tareas
- Se comenzará a concientizar a los actores claves que se encuentran en la mantención de los activos.
- Se realizarán mapas de procesos de la situación actual y de la situación propuesta, con el fin que tengan una sinergia con respecto a lo existente y lo nuevo.
- Se declaran los usos BIM, que desarrollaran para llevar acabo el trabajo con la organización estos usos corresponden a:

01. Levantamiento de condiciones existentes
21. Gestión de activos
23. Mantenimiento preventivo
24. Gestión y seguimiento de espacios
<b>25. Planificación y gestión de emergencias</b>

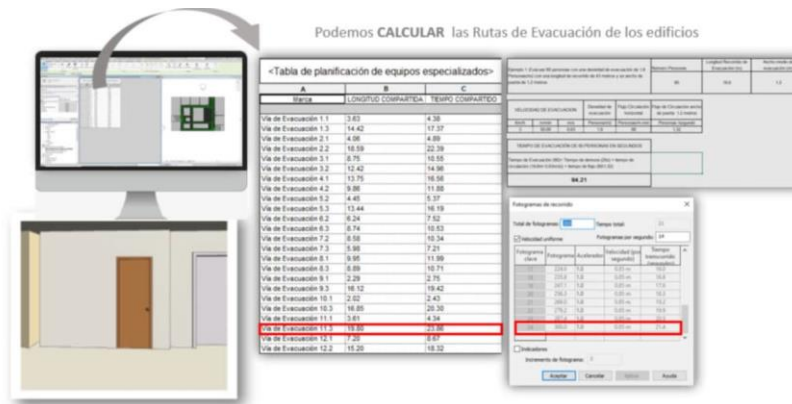
- Se llevará a cabo un entorno común de datos donde la información pueda ser centralizada, para que puedan registrar y ver los estados de los distintos equipos y sus respectivas zonas.
- Se zonificarán las áreas según el riesgo que tengan
- Se llevarán levantamiento de modelo de información, los cuales serán estandarizados con protocolos de trabajo.
- Definición de roles, para las diversos trabajos
- Se utilizarán software de gestión de activos.
- Se llevarán indicadores KPI, de los diversos avances en el proceso de implementación
- Se gestionarán reuniones de trabajo con los equipos involucrados.

Estos son algunos de los pasos que se irán desarrollando para ir dando cumplimiento a los objetivos planteados en los inicios del proceso.

### III.3 Software aplicados protocolo

Para llevar acabo los diversos modelos, dado que no se cuenta con planos certero de las condiciones actuales, se llevara un levantamiento de las condiciones existentes a través de software de nubes de puntos , los cuales trabajaran en formatos interoperables los cuales luego se trabajaran en los software revit que cuenta la compañía para poder ir consolidando la información, todo este trabajo se llevara de forma estandarizada y con protocolos claros de que información deberán contar las diversas entidades, siendo apoyado por el estándar BIM, para proyecto públicos.

Figura 41 integración de Software



### III.4 Corroboración de información

Luego de contar con los modelos de información de las diversas áreas, dentro del entorno común de datos, estos serán auditados por agentes externos los cuales revisarán los modelos IFC, a través de plataforma como BIMCOLLAB, para verificar el cumplimiento de los parámetros e información declaradas en sus entidades.

Cuando se cuente con la aprobación de los modelos estos podrán ser analizados con los softwares de evacuación y de incendio.

### III.5 Interoperabilidad análisis de modelos análisis de sistemas

Para llevar un análisis de cómo se comportaría la planta industrial en caso de incendio, se contratará, experto en análisis de comportamiento al fuego y evacuación, recomendando el laborarlo IDIEM, para que preste asesoría sobre cual son las mejores estrategias en caso de incendio como también de otras emergencias. De esta manera

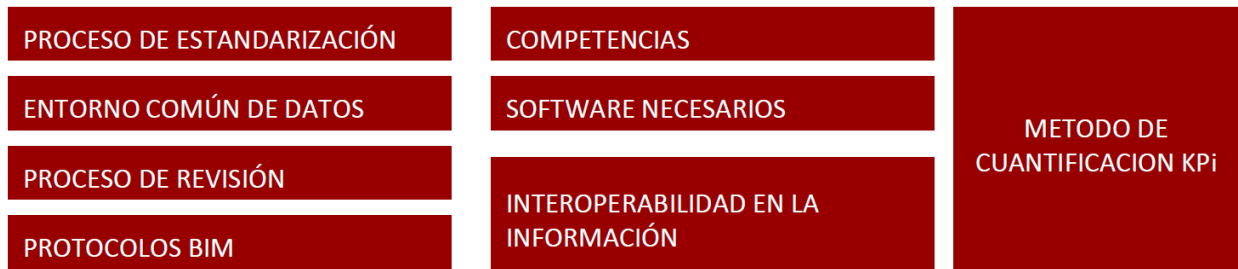
se podrá evaluar las diversas alternativas, las cuales permitan tomar decisiones con respecto a la infraestructura del activo.

### III.6 Sistemas de gestión de activos



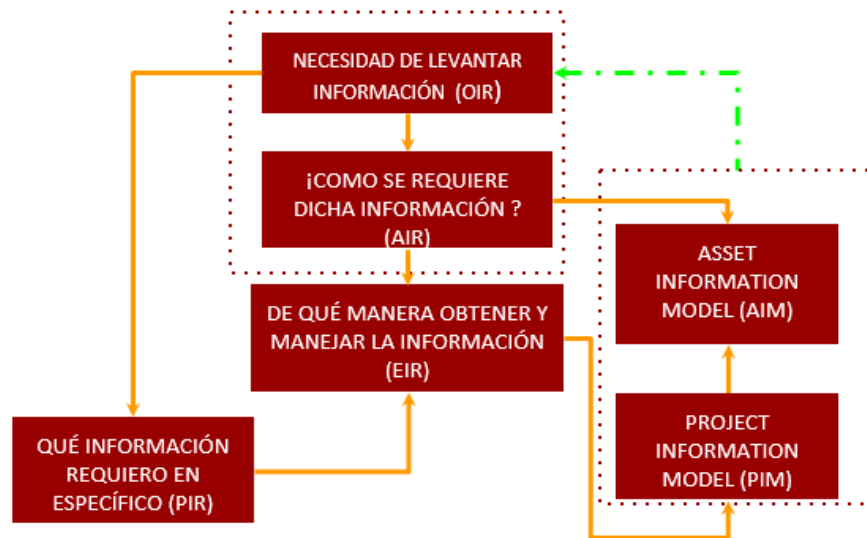
Se planteará la implementación de herramientas de gestión las cuales permitan gestionar los activos como también contar con visualizadores con información de los modelos que se hallan desarrollado, dada la exitosa experiencia que tuvo la opera de Sidney con estos sistemas se plantearan sistema de gestión para ir evaluando las diversas instalaciones

Donde los objetivos de llevar a cabo el proceso corresponderán:



Para llevar a cabo el desarrollo de las nuevas tareas de mantención de los equipos estos se llevara a través de OIR, o plan de ejecución BIM (PEB). Según esquema expuesto.

Figura 42 Esquema de generación de PEB



ESQUEMA PROPIO BASADO EN (PAS 1192: Parte 2, 1993).

### III.7 Resultados obtenidos

En cada hito de implementación se evaluarán los KPI, para ver si se está dando cumplimiento a los objetivos planteados, destacando que este es un proceso largo y continuo donde cada actor tiene un rol preponderante en el éxito de la implementación, la cual no queda solo en implementación sino en el seguimiento del proceso a lo largo de la vida útil del activo.

## CONCLUSIONES

Se ha visto que un plan de gestión de emergencia es más que llenar un documento y dejarlo archivado en un escritorio, sino es un punto clave en la producción de una planta industrial ya que si se ve afectada por algún siniestro como es el caso de incendio no solamente se va a paralizar la producción sino también se encuentra la vida de las personas es por esto que es clave poder adoptar nuevas metodologías como es el caso del BIM.

Se ha visto a través del caso de estudio las empresas no siempre van de la mano con la producción con respecto a la estandarización de procesos y gestión de sus activos, donde muchas se encuentran en una obsolescencia con respecto a los métodos que hoy utilizan.

Es por esto que se abre un nicho en ser asesores de implementación de nuevas metodologías lo que permita resguardar la vida de los trabajadores como de los activos, con el fin de que sigan produciendo.

Para llevar a cabo la buena gestión en procesos de implementación bim, es ideal partir en las etapas iniciales de cualquier proyecto, con el fin de ir evaluando todas las aristas que puedan estar involucradas, pero si el caso es que partes desde la etapa de operación se deberá contar con una estrategia de levantar los procesos para ir evaluando las mejoras que se deben ir haciendo en la gestión del activo como en los planes de emergencia.

Es importante poder gestionar los recursos y asesorarse con experto sobre el tema de la evacuaciones e incendio, ya que no basta con dar cumplimiento a los aspectos normativos sino se debe evaluar cómo se comportaría la infraestructura y las personas bajo condiciones extremas ya que el objetivo principal es el salvaguardar vidas. Dada a las herramientas que existen en el mercado es factible poder hacer análisis antes de que ocurra un siniestro, las herramientas deben ser utilizadas, pero por personas que sean experto en el tema y no solo en un software.

La buena gestión de los activos va depender del plan estratégico que permita tener los objetivos claros de lo que se requiere lograr con el mantenimiento, se debe considerar que el 80% de valor corresponderá a la mantención del activo.

La concientización de los equipos de trabajo es clave, en el área de mantenimiento ya que enfoca los objetivos del negocio y permite tener claridad de lo que busca en la mantención.

Es necesario considerar desde el inicio la propuesta final, independiente que los mandantes sean capaces de considerar una propuesta de alta complejidad. Todo proyecto puede ser abordado con la tecnología necesaria.

Gracias a la utilización de la metodología BIM, ha permitido posible obtener una estimación eficaz y real de los costos de los activos, ya que se dispone de la máxima información fiable posible durante el ciclo de vida de este.

## BIBLIOGRAFIA

- (n.d.). From Asociacion Chilena de Seguridad: [https://www.achs.cl/portal/ACHS-Corporativo/newsletters/pymes-achs-al-dia/Paginas/PLAN\\_DE\\_PREVENCION.aspx](https://www.achs.cl/portal/ACHS-Corporativo/newsletters/pymes-achs-al-dia/Paginas/PLAN_DE_PREVENCION.aspx)  
24horas. (2013, Diciembre 25). *24horas*. From [https://www.24horas.cl/nacional/incendio-declarado-en-planta-de-agrosuper-en-sexta-region-998296?fbclid=IwAR2O3WICKwl\\_X4ICVqtWuhfA\\_zRhy9YVA-WXxJIIHNB15mu9kg-2tRNclFs](https://www.24horas.cl/nacional/incendio-declarado-en-planta-de-agrosuper-en-sexta-region-998296?fbclid=IwAR2O3WICKwl_X4ICVqtWuhfA_zRhy9YVA-WXxJIIHNB15mu9kg-2tRNclFs)  
7974-6, P. (1999). *The application of fire safety engineering principles to fire safety desing of buildings*. Inglaterra: Desconocida.
- AC2. (2017). *Guia para la integracion de subprocesso coordinacion de seguridad y salud desarrollo con metodologia BIM*. Madrid: Universidad de extremadura.
- ACHS. (n.d.). *Fundamentos de seguridad industrial*. Santiago: Achs.
- AEC. (2010). *Protocolo estandar BIM*. AEC SHIFT spa.
- BIM, P. (2019 Junio). *Estandar bim para proyecto publicos*. Santiago: Plan Bim.
- Biobio Chile. (2020, Marzo 2). *Biobiochile*. From <https://www.biobiochile.cl/noticias/nacional/region-metropolitana/2020/03/02/reportan-explosion-en-pudahuel-que-deja-columna-de-humo-de-grandes-proporciones.shtml>
- chile, A. n. (2013). *Guia de autoinstruccion N°1 El fuego y los incendios*. Santiago: Bomberos.
- CITD. (n.d.). From <https://www.citd.eu/articulos/el-modelo-bim-de-registro-como-elemento-pivote-hacia-el-facility-management/>
- CNN Chile. (2019, Noviembre 25). *CNN Chile*. From [https://www.cnnchile.com/pais/gigantesco-incendio-afecta-a-fabrica-de-aceites-industriales\\_20191125/](https://www.cnnchile.com/pais/gigantesco-incendio-afecta-a-fabrica-de-aceites-industriales_20191125/)
- Congerencia mundial. (2014). Reduccion de catastrofes. *Conferencia mundial sobre Reduccion de catastrofes*.
- Cooperativa. (2006, Noviembre 27). *Cooperativa*. From <https://www.cooperativa.cl/noticias/pais/incendio-destruyo-planta-de-agrosuper-causando-millonarias-perdidas/2006-11-27/092514.html>
- Cooperativa. (2018, Octubre 12). *Cooperativa*. From <https://www.cooperativa.cl/noticias/pais/policial/incendios/incendio-en-planta-de-agrosuper-dejo-casi-2-000-cerdos-muertos-en/2018-10-12/071017.html>
- CTE, C. (n.d.). From <http://cypefire-cte.cype.es/>
- ENAMI. (2015). *PREVENCION Y CONTROL DE INCENDIOS*. Santiago: Enami.
- España, M. d. (2001). *Evaluacion del riesgo de incendios:criterios*. Madrid: Ministerio de España.
- Fernandez, J. R. (2016). *La gestion y calidad del proyecto bim y su ciclo de vida*. Coruña: Universidad de Coruña.
- Gonzalez, E. (2016). *Gestion de una instalacion de proteccion contra incendio mendate tecnicas BIM*. Universidad de la Laguna.
- Nfpa. (2005). *Brigada industriales de incendio*. Nfpa.
- Smart, B. (2020). *Guia BIM para propietarios y gestores de activos*. Madrid: Building Smart.
- trabajo, O. i. (1991). *Prevencion de accidentes industriales mayores*. Ginebra.

Watson, W. T. (2020). *Incendios en Chile .Estadísticas y perspectiva desde la experiencia como broker de seguros*. Santiago: DCR.